

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ  
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ  
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»**

**Радіотехнічний факультет**

**Кафедра радіоприймання та оброблення сигналів**

До захисту допущено:

В.о.зав. кафедри

\_\_\_\_\_ Мовчанюк А.В.

«\_\_» \_\_\_\_\_ 2020 р.

**Дипломний проєкт**

**на здобуття ступеня бакалавра**

**за освітньо-професійною програмою « Радіозв'язок і оброблення сигналів »**

**за спеціальністю 172 «Телекомунікації та радіотехніка»**

**на тему: « Радіометр бета-гама випромінювань»**

Виконав:

студент IV курсу, групи РА-п71

Калінін Микита Максимович \_\_\_\_\_

Керівник:

асистент

Титенко Олександр Трохимович \_\_\_\_\_

Консультант з охорони праці

к.б.н., доцент

Гусєв Аркадій Миколайович \_\_\_\_\_

Рецензент:

к.т.н., доцент каф. РТПС

Піддубний Володимир Олексійович \_\_\_\_\_

Засвідчую, що у цьому дипломному  
проєкті немає запозичень з праць інших  
авторів без відповідних посилань.

Студент \_\_\_\_\_

Київ-2020 року

## АНОТАЦІЯ

Дипломний проєкт складається з пояснювальної записки обсягом 56 сторінок, включає 43 рисунків, 4 таблиць, 7 креслень, 11 посилань, 6 додатків.

В дипломному проєкті розроблено радіометр на слюдяному лічильнику СИ-8Б. Особливістю даного приладу є висока чутливість та високий ККД до реєстрації бета-випромінювання. Було проведено аналіз відомих конструкцій та аналогічних пристроїв. Враховуючи їх переваги та недоліки, а саме в електричних параметрах та функціоналу, було спроектовано електронний модуль та корпус. Виконано розроблення структурної та електричної принципової схеми, проведений розрахунок ширини доріжок, розроблено друковані плати та конструкцію пристрою.

Ключові слова: Радіометр, дозиметр, ATmega88pa, дозиметрія, радіоактивність, СИ-8Б.

## **ANNOTATION**

The course project consists of a 56 page explanatory note, includes 43 figures, 4 tables, 7 drawings, 11 references, 6 appendices.

The course project developed a radiometer on mica counter SI-8B. The peculiarity of this device is the high sensitivity and high efficiency before the registration of beta radiation. The known structures and similar devices were analyzed. Considering their advantages and disadvantages, namely in electrical parameters and functionality, the electronic module and housing were designed. The structural and electrical schematics were developed, the track width was calculated, the circuit boards and the device were designed.

Keywords: Radiometer, dosimeter, ATmega88pa, dosimetry, radioactivity, SI-8B.

**ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА**  
**до дипломного проєкту**  
**на тему: «Радіометр бета-гама випромінювань»**

Київ — 2020 року

## ЗМІСТ

Вступ.....	5
1 Огляд існуючих рішень .....	8
1.1 ТЕРРА-П Дозиметр-радіометр побутовий МКС-05.....	8
1.2 Стора ТУ Радіометр-дозиметр гамма- бета-випромінень РКС-01...	9
1.3 Радіометр бета-гамма випромінювань Прип'ять РКС 20.03 .....	10
2 Аналіз технічного завдання .....	12
2.1 Аналіз використання і призначення радіометру.....	12
2.2 Аналіз технічних вимог на радіометр.....	12
2.2.1 Аналіз показників призначення.....	12
2.2.2 Аналіз експлуатаційних вимог .....	13
2.2.3 Аналіз конструктивних вимог .....	15
2.3 Розробка структурної схеми .....	15
2.4 Принцип роботи пристрою .....	16
2.5 Обґрунтування та вибір елементної бази .....	19
2.5.1 Вибір резисторів.....	20
2.5.2 Вибір конденсаторів .....	20
2.5.3 Вибір дроселів .....	23
2.5.4 Вибір транзисторів.....	24
2.5.5 Вибір діодів.....	25
2.5.6 Вибір мікросхем .....	27
2.5.7 Вибір роз'ємів.....	29
2.5.8 Вибір дисплею та світлодіоду .....	30
2.5.9 Вибір лічильника.....	32

3 Розроблення друкованого вузла .....	33
3.1 Розрахунок мінімальної площі плати .....	33
3.2 Розрахунок розмірів контактних майданчиків. ....	34
3.3 Розрахунок ширини провідників .....	35
3.4 Трасування друкованої плати .....	37
4 Огляд готової конструкції та аналіз працездатності .....	40
4.1 Опис конструкції.....	40
4.2 Розрахунок надійності .....	44
4.3 Розрахунок віброміцності друкованого вузла .....	46
5 Охорона праці ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ .....	48
5.1 Визначення основних шкідливих та небезпечних факторів під час розробки, проектування, виготовлення та експлуатації пристрою .....	48
5.2 Технічні рішення та організаційні заходи із гігієни праці, виробничої санітарії та техніки безпеки. ....	49
5.3 Відповідність характеристик виробничого приміщення існуючим санітарним нормам.....	51
5.4 Відповідність освітлення робочих місць санітарним нормам.....	51
5.5 Пожежна безпека.....	53
Висновки .....	55
Перелік джерел посилань .....	56
Додаток А.....	58
Додаток Б .....	61
Перелік елементів.....	62
Специфікація .....	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>

## Перелік скорочень

ДП — Друкована плата

МК — Мікроконтролер

АСКРО — автоматизована станція контролю радіаційної обстановки

ЧАЕС — Чорнобильська атомна електро станція

					РА71. 412122.001 ПЗ	Лист
						4
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

## ВСТУП

В сучасному світі людину оточують багато негативних факторів, одна з них проблема підвищеного рівня радіаційного фону в предметах що ми купуємо та які нас оточують. Серед них можуть бути старі військові прилади з світломасами постійної дії (РА226) рис 0.1



Рисунок 0.1 – Компас на основі світломаси

Забруднення земель після аварії на атомних станціях ЧАЕС та Фукусіма-1, показали, що аварія може статись навіть тоді коли її вважають технічно неможливою (запроектна аварія). Забруднення земель після таких інцидентів сильно впливає на проживання населення та ведення сільського господарства, особливо це стосується Київської, Житомирської, Черкаської, Чернігівської та південної частини Білорусі, рис 0.2





Рисунок 0.2 – Мапа забруднення України по CS137

Аварії на підприємствах або під час випробувань, яскравими прикладами є аварія на ВО Маяк 1957 року, недотримання вимог до викидів радіоактивних матеріалів, що утворило радіаційний моги́льник в Москві, інцидент на плавильному заводі Електросталь, в плавильній печі було розплавлено джерело іонізуючого випромінювання на основі довгоживучого ізотопу CS137, радіаційна аварія яка сталась під час військових випробувань в Северодвинске (інцидент в Неноксі).

Недотримання вимог радіаційної безпеки або корупційні чинники як приклад:, використання гранітів, будівельних матеріалів виробником клас яких призначений тільки для вулиці під час будівництва житлових приміщень, масове знищення Чорнобильського лісу, для радіаційного контролю такої деревини, потрібні спеціалізовані спектрометри в які поміщають попіл від проби дерева, натомість конвої лісовозів постійно покидають зону відчуження з недостатнім контролем рис 0.3



Рисунок 0.3 – Вивіз лісу

Ці всі випадки мають одну загальну спільну рису: населення не було проінформовано або проінформовано запізно, реальні данні забруднення були суттєво занижені, в наш час влада може вимикати АСКРО. Тому суспільство повинно мати прилади радіаційного контролю, вміти їми користуватись заради своєї безпеки, безпеки оточуючих, та зменшення впливу випромінювання на людину у випадку радіаційної аварії.

Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

РА71. 412122.001 ПЗ

Лист

7

## 1 ОГЛЯД ІСНУЮЧИХ РІШЕНЬ

На сьогоднішній день в Україні є компанія-монополіст яка виготовляє прилади радіаційного контролю (1), розглянемо кілька варіантів:

### 1.1 ТЕРРА-П Дозиметр-радіометр побутовий МКС-05



Рисунок 1.4 – Дозиметр-радіометр побутовий МКС-05

Дозиметр міряє рівень гамма-фону і накопичену дозу, оцінює бета-забруднення. Виконаний в ударостійкому корпусі жовтого кольору та має компактні розміри. Ця модель є найпопулярнішим побутовим дозиметром в Україні та світі.

Основні технічні характеристики:

-Потужність амбієнтного еквівалента дози випромінень (мкЗв/год)  
0,1...999,9

-Похибка (%) + - 25

-Густина потоку бета-частинок, в якому можлива оцінка поверхневої забрудненості бета-радіонуклідами ( $1/(\text{см}^2 \cdot \text{хв})\%$ ) 10...100000

-Час безперервної роботи від нових елементів живлення (год) 6000

-Діапазон робочих температур (°C) -10...+50

-Маса (кг) 0,2

-Габарити (мм) 55x26x120

Основними недоліками цього приладу, є:

- використання тільки одного лічильника сбм20, що обмежує його швидкість та чутливість.

- Відсутність налаштування гучності звуку.

- Великий час стабілізації похибки до нормативної при вимірюванні.

## 1.2 Стора ТУ Радіометр-дозиметр гамма- бета-випроміненнь РКС-01



Рисунок 1.5 – Радіометр-дозиметр гамма-, бета-випроміненнь РКС-01

Компактний пошуковий прилад з телескопічною штангою для оперативного виявлення та локалізації джерел гамма- та бета-випроміненнь.

Завдяки вбудованим 4-м лічильникам Гейгера-Мюллера для оперативної оцінки гамма-фону достатньо лише 5 секунд. Великий дисплей з люмінесцентною підсвіткою дозволяє одночасно відображати одиниці вимірювань, похибки вимірювань, пороговий рівень та реальний час. Наявність аналогового індикатора інтенсивності випромінювання полегшує локалізацію джерел випроміненнь. Прилад має пиловологозахисний корпус IP54.

Основні технічні характеристики:

-Потужність амбієнтного еквівалента дози випроміненнь (мкЗв/год)

0,1...999,9

-Похибка (%) + - 15

-Густина потоку бета-частинок, в якому можлива оцінка поверхневої забрудненості бета-радіонуклідами ( $1/(\text{см}^2 \cdot \text{хв})\%$ ) 5...100000

-Час безперервної роботи від нових елементів живлення (год) 1500

-Діапазон робочих температур (°C) -20...+50

Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

РА71. 412122.001 ПЗ

Лист

9



-Маса (кг) 0,5

-Габарити (мм) 160x75x36

Основними недоліками цього приладу, є:

-велика маса приладу.

-висока ціна, вона складає ~20000 грн.

-складна конструкція гамма фільтру.

### 1.3 Радіометр бета-гамма випромінювань Прип'ять РКС 20.03

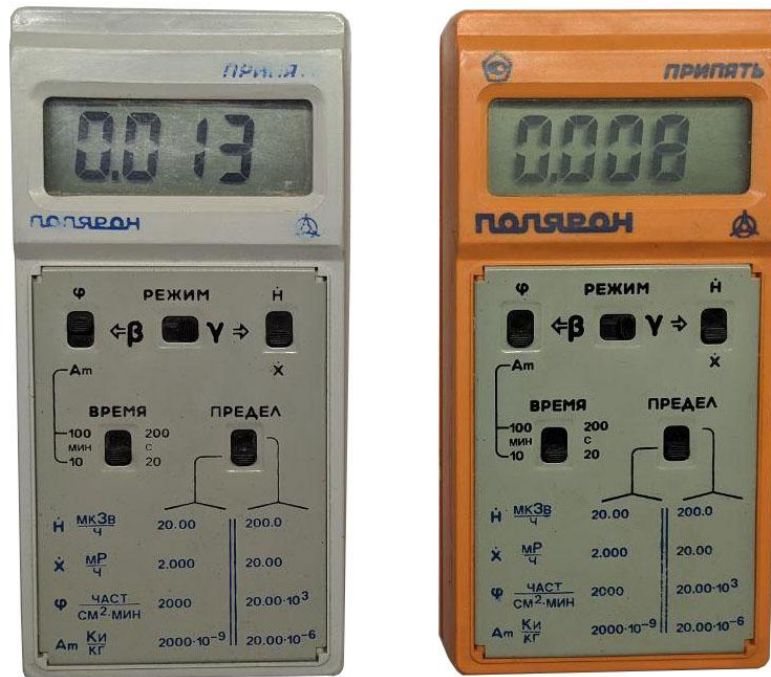


Рисунок 1.6– Радіометр бета-гамма випромінювань Прип'ять РКС 20.03

Один з найпопулярніших та найвідоміших приладів виробництва ССРСР, призначений для контролю радіаційної обстановки в місцях проживання і виробничої діяльності населення, а також контролю за наявністю радіоактивних речовин в продуктах харчування і пробах зовнішнього середовища, інших рідких і сипучих речовинах. Для визначення радіаційної чистоти житлових і виробничих приміщень, присадибних ділянок, будівельних матеріалів, металобрухту і транспорту призначена модифікація радіометра РКС-20.03/1 «Прип'ять». Випускався з 1990 року, та випускається досі на ВАТ «Меридіан». В 2011 році, після аварії на Фукусіма-1, в великих кількостях поставляв-

Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

РА71. 412122.001 ПЗ

Лист

10

ся в Японію, де його проста, відпрацьована конструкція та низька ціна, як старих так і нових приладів, довела свою актуальність та універсальність.

Основні технічні характеристики

-Потужність амбієнтного еквівалента дози випромінень (мкР/год)

0,01...19,99

-Похибка (%) + - 25

-Густина потоку бета-частинок, в якому можлива оцінка поверхневої забрудненості бета-радіонуклідами ( $1/(\text{см}^2 \cdot \text{хв})\%$ ) 10...20000

-Час безперервної роботи від нових елементів живлення (год) 2000

-Діапазон робочих температур (°C) -10...+40

-Маса (кг) 0,25

-Габарити (мм) 146x73x37

Основними недоліками цього приладу, є:

-Кріплення гамма фільтру має технічну ваду, яке при необережному використанні приводить до його поломки.

- Дисплей на старих моделях є недосконалим, та може вийти з ладу після удару або при використанні при низьких температурах.

- Обмежений поріг вимірювання.

Аналізуючи різні технічні рішення було сформовано основні вимоги до приладу які мають бути реалізовані, це міцний продуманий корпус, наявність дисплею з підсвіткою, висока автономність приладу, простота в використанні.

## 2 АНАЛІЗ ТЕХНІЧНОГО ЗАВДАННЯ

### 2.1 Аналіз використання і призначення радіометру

Аналіз ТЗ проводиться за методикою (2)

Радіометр призначений для виміру гамма та бета випромінювання в межах 1-50000 мкР/год, можна проводити вимір як бета так і гамма випромінювання окремо.

Функціональне призначення розроблювального пристрою, передбачає його використання в побуті, на виробництві, під час експедиції та ін. Важливо, що його конструкція повинна бути портативною та переносною, розміри повинні дозволяти переносити прилад в кишені.

Вказаний тип приладу є низькочастотним, тому вимоги до монтажу та компоновки є невисокими.

Вибір необхідних габаритних розмірів обумовлений конструкцією лічильника, та врахуванням зручності для споживача.

### 2.2 Аналіз технічних вимог на радіометр

#### 2.2.1 Аналіз показників призначення

В технічному завданні вказано наступні параметри

- Вимірювання радіаційного фону в межах (мкР) 1-50000 мкР
- Чутливість по швидкості рахунку (імп/мкР) 350-500
- Робочий діапазон температур (с) -40;+50
- Ефективність реєстрації Бета випромінювання мінімум 60%
- Потужність при номінальних умовах радіаційного фону (Вт) 0.004-0.027
- Потужність в режимі сну (Вт) менше 0.004
- Потужність при підвищеному радіаційному фоні (Вт) 0.08-0.1
- Напруга живлення (В) 2,5 до 4,2

Врахування цих параметрів необхідний для вибору лічильника та елемента живлення.

					РА71. 412122.001 ПЗ	Лист
						12
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Виходячи з даних вимог, підходить лічильник СИ-8Б, документація представлена на рис 2.2, в якості елемента живлення було обрано Li-ІО акумулятор.

ОКП 6343.11652 I

СЧЕТЧИК СИ8Б

ЭТИКЕТКА

Счетчик бета-излучения СИ8Б (далее счетчик) предназначен для регистрации мягкого бета-излучения в радиометрических устройствах.

Вид климатического исполнения УЗ.І.

Индивидуальный № **7402** Дата изготовления **МАИ 1989**

Схема соединения электродов с выводами

Обозначение вывода	Наименование электрода
1	Свободный
3	Катод
5	Свободный
7	Анод

Основные электрические и радиометрические параметры

Наклон плато счетной характеристики, %/В, не более 0,3

Чувствительность по скорости счета, имп.с<sup>-1</sup>.А<sup>-1</sup>.кг I,3.10<sup>12</sup>-1,9.10<sup>12</sup> (350-500)

Наклон вольтамперной характеристики, %/В, не более 1,25

Амплитуда импульса напряжения, В, не менее 20

Собственный фон, имп/с, не более 2

Эффективность регистрации бета-излучения, % 50 - 85

Чувствительность по току, мкА 8 - 15 [при P = 12,9.10<sup>-10</sup> А/кг (5мкР/с)]

Предельно допустимые режимы эксплуатации

Рабочий интервал напряжений, В 360 - 440

Наибольшая рабочая скорость счета, имп/с 3400

Наибольший рабочий ток, мкА 18,2

Максимально допустимая мощность экспозиционной дозы гамма-излучения, А/кг (Р/ч) 21,5 .10<sup>-3</sup> (300)

( в течение 1 мин.)

Содержание драгоценных металлов Драгоценных металлов не содержится

Содержание цветных металлов

Наименование цветного металла или сплава	Марка	Масса, г
Никель	НП2	3,69

Сведения о приемке

Счетчик СИ8Б соответствует техническим условиям ОД0.339.388-74.

Место для штампа ОТК **ОТК**

Перепроверка произведена \_\_\_\_\_ дата \_\_\_\_\_

Место для штампа ОТК

УКАЗАНИИ ПО ЭКСПЛУАТАЦИИ

1. После извлечения счетчика из упаковки осторожно снять предохранительную крышку и внешним осмотром убедиться в том, что счетчик не имеет явно выраженных механических дефектов (трещин, сколов, эмали). Счетчик можно брать только за цоколь. Категорически запрещается трогать руками слюдяное окно.

2. Включение счетчика производится путем подачи на анод напряжения 390 В.

3. При эксплуатации счетчика значения величин, определяющих режим эксплуатации, не должны выходить за предельно допустимые значения.

Невыполнение этого требования может привести к потере работоспособности счетчика.

Рисунок 2.2 – Технічні параметри лічильника СИ-8Б

### 2.2.2 Аналіз експлуатаційних вимог

В технічному завданні вказано забезпечити роботу приладу в кліматичних умовах за класом УХЛ 1.1

- Температура навколишнього середовища +40 -50 (С)
- Відносна вологість 75% при 15 (С)
- Атмосферний тиск від 86 до 106.7 (кПа)
- Стійкість до синусоїдальних вібрацій – не менше 70 Гц

Із вказаних кліматичних впливів видно що радіометр буде експлуатуватись в помірно-холодному кліматі (УХЛ), категорія виконання 1.1 Вироби за 4 категорією призначені для експлуатації в приміщеннях категорії 4 і роботи



як в умовах категорії 4, так і (короткочасно) в інших умовах, в тому числі на відкритому повітрі.

Розглянемо вплив температури в першу чергу він впливає на вибір елементів, монтажних кабелів, матеріалу друкованої плати та покриттів. Так як РЕА є джерелом виділення тепла то необхідно враховувати факт, що температура всередині буде вищою чим на зовні. Для вибору конструктивно технологічних рішень на перших етапах розробки, необхідно зробити орієнтовну оцінку перегріву, і в подальшому провести корекцію.

Максимальний струм споживання рівний 100 мА при напрузі 5 вольт, згідно потужність рівна 0.5 Вт. Згідно тепловий перегрів буде мізерним 1-2 градусів і їм можна знехтувати.

Відносна вологість складає 75%, тому прийнято рішення покрити плату акриловим ізоляційним лаком Plastik 71 рис 2.3

**ТЕХНИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ:**

Диапазон рабочих температур:  $-70^{\circ}\text{C} \dots +150^{\circ}\text{C}$

Электрическая прочность (по ГОСТ 6433.3-71): 64 кВ/мм

Удельное объемное сопротивление (по ГОСТ 6433.2-71):  $1 \times 10^{14}$  Ом  $\times$  мм  
(при  $t=25 \pm 10^{\circ}\text{C}/rH=60 \pm 15\%$ )

ТУ 2389-001-78983067-05

**Рисунок 2.3 – Технічні данні лаку Plastik 71**

Атмосферний тиск від 86 до 106.7 кПа є нормальним тому додаткових заходів захисту робити не потрібно.

Оскільки прилад живиться від акумулятора 3.7 в, необхідно забезпечити функцію зарядки, оптимальним варіантом є використання micro usb роз'єму.

Радіометр має забезпечувати наступні режими роботи:

1. Ввімкнення приладу повинно відбуватись довгим натисненням клавіші живлення.
2. Налаштування в меню мають відбуватись короткими натисканнями клавіші вибору.
3. Вибір діапазону виміру обирається автоматично.
4. Вивід інформації має відбуватись за допомогою дисплею.

5. Індикація має дублюватись звуком за допомогою зумера.

### 2.2.3 Аналіз конструктивних вимог

При аналізі конструктивних вимог визначаються: кількість органів керування, настройки, контролю, зовнішніх з'єднань, габаритні установочні та з'єднувальні розміри, маса, спосіб ремонтпридатності, доступність до приладів, вузлів та деталям при регулюванні та зміні їх при ремонті, види покриттів, форма конструкції, особливості конструктивного виконання.

Оскільки маса приладу не має перевищувати 0.5 кг необхідно оптимально використовувати матеріали при конструюванні матеріали з пластику

Прилад не фарбується ззовні, колір задається матеріалом пластику, це зменшить ціну пристрою. Пристрій не обов'язково робити такого самого кольору як і конкуренти, але за нормами радіаційної безпеки, варто робити його в світлих яскравих кольорах.

Написи та їх зміст виконано в вигляді наклейки.

### 2.3 Розробка структурної схеми

Схема електрична структурна, представлена на рис 2.4, була розроблена на основі схеми електричної принципової, яка приведена на кресленнях РА71. 412122.001.Е3 та РА71. 412122.002.Е3



Рисунок 2.4 – Структурна схема радіометра

Пристрій складається з таких вузлів:

- Li-ion акумулятор GB1, Ву-pass фільтр який складається з конденсаторів C9, C10.
- Помножувач напруги на 400В, включає в себе котушку L2, польовий транзистор VT4, швидкий діод VD4, плівковий конденсатор C5, захисний діод (двонаправлений стабілітрон) VD3.
- Лічильник BD1 та резистори R1-R3.
- Мікроконтролер DD1 та його обв'язка C3, L1, C6, C7.
- Контур керування включає в себе діод VD5, конденсатор C5, резистор R11, транзистор VT1.
- Вузол зарядки утворений з: мікро USB роз'єму, мікросхеми TP4056, резисторів R13-R16, конденсатора C8, C11 та світлодіоду HL1.
- Кнопки керування виконані на кнопках S1, S2, резистори R18, R19.
- Пристрої виводу складаються з зумеру BA1, дисплею LCD1. Контур Led+ виконано на резисторі R2 для моделі дисплею 1202 або для моделі дисплею 1100 конденсатор та діод VD2. Контур LED- складається з резисторів R7,R8 та конденсатора C2.

## 2.4 Принцип роботи пристрою

Схема електрична принципова приведена на кресленнях PA71. 412122.001.E3 PA71. 412122.002.E3

Напруга від акумулятору поступає на ВУ-pass фільтр де гасяться низько частотні та високочастотні пульсації. Далі, напруга поступає на мікроконтролер який захищений від ВЧ пульсацій конденсатором C3, C7 та котушкою L1, таке підключення обґрунтовано 221 сторінкою даташиту (3) на даний МК, наведено на рис 2.5

					РА71. 412122.001 ПЗ	Лист
						16
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

- b. The AV<sub>CC</sub> pin on the device should be connected to the digital V<sub>CC</sub> supply voltage via an LC network as shown in Figure 24-9 on page 221.
- c. Use the ADC noise canceler function to reduce induced noise from the CPU.
- d. If any ADC [3...0] port pins are used as digital outputs, it is essential that these do not switch while a conversion is in progress. However, using the 2-wire Interface (ADC4 and ADC5) will only affect the conversion on ADC4 and ADC5 and not the other ADC channels.

**Figure 24-9. ADC Power Connections**

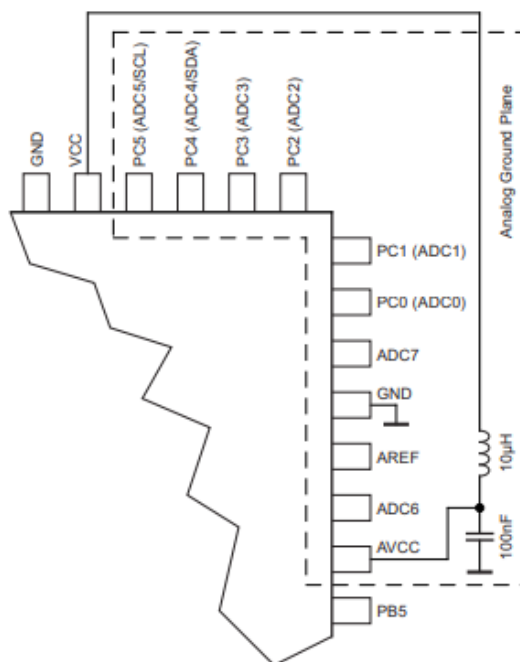


Рисунок 2.5 – Рекомендації щодо підключення фільтруючих елементів до МК

Вузол керування забезпечує стабільну роботу схеми, при напрузі до 2.5 вольт, задіє 3 виводи мікроконтролера та являє собою помножувач напруги. Програма опитує напругу на 28 виводі яку забезпечує зворотній зв'язок стабілітрону VD3, якщо результат буде 0, то на 32 виводі ініціюється логічна 1 та після паузи 20 мкс, починається ініціалізація 1 на 31 виводі. Таким чином, ми відкриваємо затвор польового транзистора та реалізуємо підкачку напруги на контурі помножувача. На самому помножувачі конденсатор заряджається, до номінального значення через швидкий діод VD4 для зменшення затримки, після цього стабілізується двонаправленим стабілітроном VD3 до 400V.

Висока напруга через навантажувальний резистори R1 – R3 потрапляє на лічильник BD1, в якому за умови потрапляння гамма кванту або бета

чи альфа частинки утворюються розряди в залежності від потужності іонізуючого випромінювання, ці розряди проходять через конденсатор С1, стабілізуються на резисторі R3, та потрапляють на перший вивід мікроконтролеру

Після реєстрації імпульсу та обробці його за допомогою АЦП, (враховуючи індивідуальні параметри лічильника та його помножуючий коефіцієнт), корисна інформація потрапляє до користувача за допомогою пристроїв виведення.

Пристрої виводу представлені у вигляді зумеру ВА1 та дисплею LED1. Дисплей LED1 встановлено на другій друкованій платі, та підключається за допомогою виводів XP1, XP3. Інформаційні виводи LED1 підключені до МК напряду та не потребують втручання. Забезпечення підсвітки реалізовано контуром LED+ та LED-, в залежності від модифікації дисплею контур LED+ видозмінюється. У разі використання моделі 1202 в розрив встановлюється струмо-обмежуючий резистор R4, у випадку використання 1100 задіюються 9 та 10 виводи МК, замість R4 встановлюється конденсатор, до 10 виводу під'єднують VD2, це обумовлено тим, що в цих моделях, підсвітка виконана на двох послідовно з'єднаних світлодіодах. Контур LED- забезпечує регулювання підсвітки R8 датчик струмі підсвітки, R7, С2 НЧ RC фільтр значення з якого поступають на 17 вивід МК, і програма корегує скважність ШИМ сигналу на світлодіоді, в залежності від встановленого рівня.

Зумер ВА1 підключений до виводів 7 та 8.

Вузол керування пристроєм виконаний також на другій платі підключений за допомогою роз'ємів XP2, XP4. Реалізований на двох кнопках S1 та S2, та резисторах R18, R19. Командою натискання клавіші є логічний нуль, це забезпечується замиканням виводів 25 та 26 на землю при натисканні клавіші, для попередження фантомних натискань в програмі реалізовано затримку 100 м/сек.

Контур зарядки представляє собою micro USB роз'єм (використання інших є недоцільним та більш витратним, так як у більшості користувачів найбільше зарядних пристроїв та кабелів, саме з цим роз'ємом), при підключенні до джерела, напруга паразитні імпульси в момент під'єднання кабелю фільтруються конденсатором C8. Далі сигнал йде на мікросхему зарядки DD2, індикація зарядки реалізована на R16 та HL1. Струм заряду обмежується резистором R15, він підключений до другого виводу мікросхеми. Далі напруга потрапляє на акумулятор при чому, паразитні імпульси фільтруються конденсатором C11 Напруга заряду контролюється дільником на резисторах R13 та R14, вивід між ними підключений до 16 виводу МК, під час під'єднання кабелю пристрій вмикається в режимі зарядки, є індикація часу зарядки, напруга на акумуляторі.

Коли зарядний пристрій не підключено напруга на акумуляторі контролюється резисторним дільником R10, R12, він підключений до 22, 23, 24 виводів МК. Ці резистори варто обирати з похибкою в 1% для максимально точного вимірювання напруги. Програма автоматично буде вимикати контролер, якщо напруга на акумуляторі буде менше 2.5 вольт, що є критичним для обраного елемента живлення.

## 2.5 Обґрунтування та вибір елементної бази

Данна елементна база була обрана мною з таких міркувань:

- елементи пристрою повинні забезпечувати необхідні електричні параметри виробу з заданою точністю;
- елементи підбираються з певними обмеженнями по габаритам;
- елементи є надійними і можуть працювати в великому діапазоні температур;
- теплові режими роботи виробу не повинні впливати на зміну чи роботу електричних параметрів пристрою;
- елементна база визначає технологію виготовлення виробу і його вартість;

– в елементну базу були включені пристрої для регулювання та настройки роботи приладу;

### **2.5.1 Вибір резисторів**

Виробником резисторів для даного приладу обрано компанії HITANO.

Вирішено обрати резистори типорозміру 0805 та 1206. Ілюстрацію наведено на рис 2.6

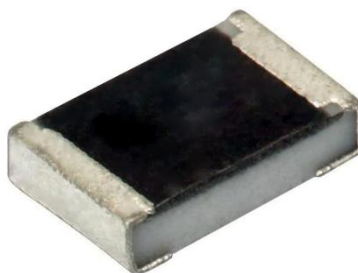


Рисунок 2.6 – SMD резистор HITANO

Резистори постійного номіналу, метало діелектричні для поверхневого монтажу. Призначені для роботи в ланцюгах постійного, змінного та імпульсних струмів.

Переваги:

- малі габарити;
- стандартизовані розміри;
- простота технології виготовлення;
- низька вартість;
- висока механічна міцність;

Електричні параметри:

- потужність: 0.125Вт;
- опір 18 Ом – 1.8 МОМ;
- точність: 1%, 5%;

### **2.5.2 Вибір конденсаторів**

Виробником керамічних smd конденсаторів для даного приладу обрано компанії HITANO.

Вирішено обрати конденсатори типорозміру 0805. Ілюстрацію наведено на рис 2.7



Рисунок 2.7 – SMD конденсатор HITANO

Електричні параметри:

- номінальна ємність 100 нФ...10 мкФ;
- номінальна напруга 16 В;
- номінальна похибка 10 %
- температура навколишнього середовища -50..+125 С°.

Виробником високовольтного керамічного конденсатора для даного приладу обрано компанію HITANO.

Вирішено обрати конденсатор в вивідному корпусі. Ілюстрацію наведено на рис 2.8



Рисунок 2.8 Високовольтний вивідний конденсатор HITANO

Представляє собою пластинки, диски або трубки із кераміки з нанесеними на них електродами із металу. Для захисту від вологи ці конденсатори фарбують емаллю або герметизують, покриваючи епоксидними компаундами або укладаючи в спеціальний корпус.

Перевагами є :малі габарити стандартизовані розміри простота технології виготовлення низька вартість висока механічна міцність стійкість до всіх видів пайок.

Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

РА71. 412122.001 ПЗ

Лист

21



Електричні параметри:

- номінальна ємність 3.1 пФ;
- номінальна напруга 1 кВ;
- номінальна похибка 10 %
- температура навколишнього середовища -30..+80 С°.

Виробником електролітичного танталового SMD конденсатора для даного приладу обрано компанію VISHAY.

Вирішено обрати конденсатор в корпусі 6032. Ілюстрацію наведено на рис 2.9



Рисунок 2.9 Електролітичний танталовий конденсатор VISHAY

У якості високовольтного плівкового конденсатора, для даного приладу вирішено обрати конденсатор в вивідному корпусі K73-17. Ілюстрацію наведено на рис 2.9

Конденсатори плівкові металізовані K73-17 Характеризуються високим опором ізоляції і відносно високою температурною стабільністю параметрів. Конструкція представляє собою елемент залитий епоксидним компаундом, має одностороннє розташування виводів для друкованого монтажу. Конденсатори виготовляються з більш товстих плівок тобто мають кращу надійність і довговічність.

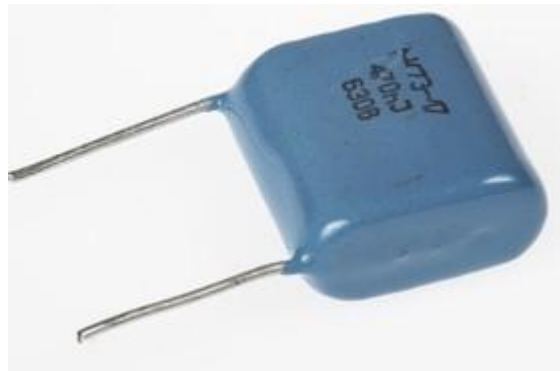


Рисунок 2.9 – Конденсатор К73-17

Основні технічні дані:

- діапазон значень ємності 100 нФ;
- діапазон робочих температур -60 ... +125 °С
- діапазон робочих напруг 63 - 630 В

### 2.5.3 Вибір дроселів

Дросель оригінальний виріб, намотується на феритовому осерді. Розташовується перпендикулярно платі. Ілюстрацію наведено на рис 2.10



Рисунок 2.10 – Дросель силовий

Основні технічні дані:

- номінальна індуктивність — 4 мкГн;
- допуск номінальної індуктивності — 10%;
- максимальний постійний струм — 960 мА;
- активний опір — 0,2 Ом;
- робоча температура -20°С... +80°С.

Виробником низьковольтного дроселя для даного приладу обрано компанію HITANO.

Вирішено обрати дросель в корпусі 1206. Ілюстрацію наведено на рис 2.11

Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

РА71. 412122.001 ПЗ

Лист

23

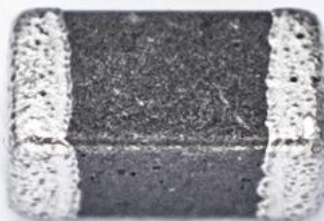


Рисунок 2.11 Дросель 1206 Hitano

Основні технічні дані:

- номінальна індуктивність — 10 мкГн;
- допуск номінальної індуктивності — 10%;
- номінальний постійний струм — 25 мА;
- активний опір — 1 Ом;
- робоча температура –20°C...+80°C.

#### **2.5.4 Вибір транзисторів**

Транзистор IRF840S- потужний н-канальний mosfet транзистор виконаний в керамічному корпусі типу TO-263AB. Ілюстрацію наведено на рис 2.12

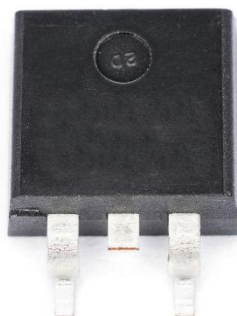


Рисунок 2.12 –MOSFET транзистор IRF840S

Основні технічні дані:

- максимальна напруга стік-витік не більше: 500 В;
- максимальний струм стік-витік не більше 8 А;
- Максимальна напруга затвор-витік 4 В;
- максимальна потужність, що розсіюється 125 Вт;
- робоча температура –55 °C ... +150°C.

Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

РА71. 412122.001 ПЗ

Лист

24

Транзистор BC847, малопотужний високочастотний кремнієвий P-N-P транзистор виконаний в пластиковому корпусі SOT-23. Ілюстрацію наведено на рис 2.13



Рисунок 2.13 Транзистор BC847

Основні технічні дані:

- напруга колектор емітер не більше: 45 В;
- напруга колектор-база не більше 50 В;
- напруга емітер-база, не більше 5 В;
- максимальний струм 0.1 А;
- коефіцієнт підсилення 290;
- робоча температура  $-65^{\circ}\text{C} \dots +150^{\circ}\text{C}$ .

### 2.5.5 Вибір діодів

Діод HER108 швидкодіючий кремнієвий діод, виготовлений за планарною технологією і укладений в невеликий корпус do204. Ілюстрація приведена на рис 2.14



Рисунок 2.14 – Швидкодіючий діод HER108

Основні технічні данні:

- Максимальна постійна зворотна напруга, 1000 В;
- Максимальна імпульсна зворотна напруга, 1200 В;

Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

РА71. 412122.001 ПЗ

Лист

25

- Максимальний прямий (випрямлений за напівперіод) струм, 1 А;
- Максимально допустимий прямий імпульсний струм, 30 А;
- Максимальний зворотній струм, 5 мкА;
- Робоча температура,  $-65 \dots +150^{\circ}\text{C}$ .

Стабілітрон 1.5KE400CA захисний діод забезпечує високий захист від перенапруги за допомогою затискача. Його миттєва реакція на перехідні перенапруги робить їх особливо придатними для захисту пристроїв, чутливих до напруги, таких як інтегральні мікросхеми. Ілюстрація наведена на рис 2.15.



Рисунок 2.15 Стабілітрон 1.5KE400CA

Основні технічні дані:

- Пікова потужність 1500 Вт;
- Напруга пробою, 400 В;
- Постійна зворотна напруга 342 В;
- Струм витоку, 1 мкА.

Діод Шоткі BAT20, використовує 23В бар'єрний діод із шоткі, в кремнієвому корпусі SOD-323. Це чудово підходить для перемикання в ланцюгах управління живленням мобільних телефонів та КПК або ланцюгах світлодіодних драйверів (підвищує перетворення напруги). Ілюстрацію наведено на рис 2.16



Рисунок 2.16 Діод Шоткі BAT20

Основні технічні дані:

- Максимальна постійна зворотна напруга, 23 В;
- Максимальна імпульсна зворотна напруга, 23 В;
- Максимальний прямий (випрямлений за напівперіод) струм, 1 А;
- Максимально допустимий прямий імпульсний струм, 5 А;
- Максимальний зворотний струм, 12 мкА;
- Робоча температура,  $-65 \dots +150$  С.

### 2.5.6 Вибір мікросхем

ATMEGA88PA є малопотужним CMOS 8-розрядним мікроконтролером, виконаним на основі розширеної AVRISC-архітектури. При виконанні більшості інструкцій за один такт, він досягає продуктивності 1MIPS на МГц, що дозволяє розробникам систем оптимізувати споживану потужність в залежності від швидкості обробки даних. Основа AVR поєднує в собі багатий набір інструкцій з 32 регістрами загального призначення. Всі 32 регістра безпосередньо підключені до арифметико-логічного пристрою (АЛП), що дозволяє двом незалежним регістрам отримувати доступ до однієї інструкції. В результаті, архітектура має більш ефективний код при досягненні пропускну здатності, яка до десяти разів вище, ніж у звичайних CISC мікроконтролерів. Ілюстрацію наведено на рис 2.17.

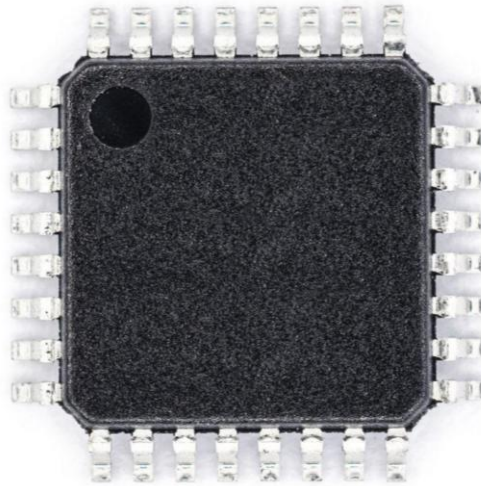


Рисунок 2.17 – Мікроконтролер ATMEGA88PA

Особливості:

- Висока продуктивність, низьке енергоспоживання,
- Висока витривалість енерго незалежній пам'яті;
- Вбудована периферія;
- Спеціальні функції;
- Діапазон робочих температур:  $-40...+85\text{ }^{\circ}\text{C}$ ;

Мікросхема TP4056 – це повний лінійний зарядний пристрій постійного струму для однієї комірки літій-іонного акумулятора. Велика розповсюдженість, низька вартість, мініатюрний корпус SOP та низька кількість зовнішніх компонентів роблять цю мікросхему ідеальною для портативних пристроїв. Крім того, TP4056 може працювати від зовнішнього живлення USB, що сильно спрощує та розширяє її функціонал.

Тепловий зворотний зв'язок регулює струм заряду, щоб обмежити температуру під час роботи. Напруга заряду фіксується на рівні 4,2 В, а зарядний струм можна запрограмувати зовні за допомогою одного резистора.

TP4056 автоматично припиняє цикл заряду, коли струм заряду падає на 1/10 програмованого значення, після досягнення остаточної напруги на акумуляторі.

Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

РА71. 412122.001 ПЗ

Лист

28

Інші функції включають: моніторинг струму, під вимкненням напруги, автоматичну підзарядку, дві індикації стану, що вказують на припинення заряду та наявність вхідної напруги. Ілюстрація приведена на рис 2.18

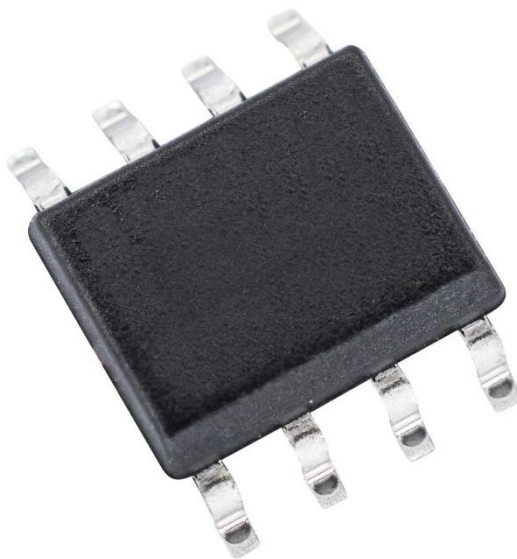


Рисунок 2.18 Мікросхема TP4056

### **2.5.7 Вибір роз'ємів**

Виробником роз'ємів для даного приладу обрано компанію KLS.

Вирішено обрати однорядний роз'єм типу PLC. Ілюстрацію наведено на рис 2.19

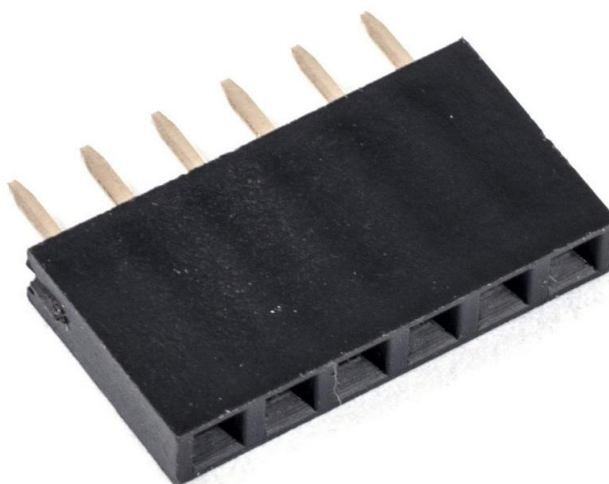


Рисунок 2.19 Роз'єм PLC

Основні технічні данні:

- Максимальний струм 1 А
- Опір діелектрику 5000 МОМ при напрузі 500 В



— Робочий діапазон температур  $-45...+105^{\circ}\text{C}$

MicroUSB роз'єм є дуже дешевим популярним та розповсюдженим в усьому світі, був прийнятий в 2007 році як єдиний стандарт роз'ємних з'єднань, більшість портативних пристроїв такі як телефони планшети, фотоапарати та ін портативні пристрої обладнанні даним типом роз'єму. Ілюстрація приведена на рис 2.20

Основні переваги:

- Маленькі розміри
- Корпус з нержавіючої сталі, товщина 0.30мм.
- Проста геометрія корпусу роз'єму
- Для гнізд використовується процес багат шарового лиття
- На корпусі гнізда віконце з пасивної засувкою і кутовими пелюстками (відповідає вимогам USB 2.0)
- Ресурс 10000 зєднань



Рисунок 2.20 – MicroUSB роз'єм

Основні технічні данні:

- Номінальна напруга: 5 В;
- Номінальний струм: 1,8 А;
- Контактний опір: 0.03 Ом;
- Опір ізоляції: 100 МОМ;
- Кількість контактів 5 шт.

### ***2.5.8 Вибір дисплею та світлодіоду***

Дисплей Nokia 1202/1110, ці дисплеї застосовувались в телефонах Nokia є досить простими та розповсюдженими, виготовляються досі так як затребувані в різних портативних пристроях та радіолюбительських потребах. Ілюстрація наведена на рис 2.21



Рисунок 2.21

Основні технічні данні:

Тип дисплею— чорно білий;

Робочий діапазон напруг 2,5...5 В;

Колір підсвітки – білий;

Габаритні розміри 35.5x31.5x2.8 мм;

Світлодіод KLS9-L-0805 представляє собою прямокутний корпус з двома контактами та кристалом всередині. Ілюстрацію наведено на рис 2.22

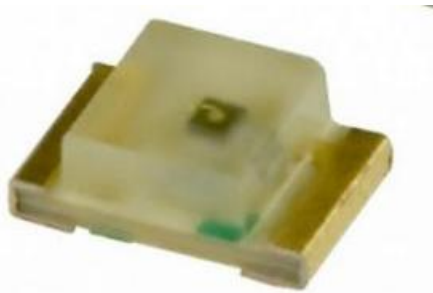


Рисунок 2.22 Світлодіод KLS9-L-0805

Характеристики:

- номінальний струм спрацьовування 20 мА;
- робоча напруга 3,2-3,6 В;
- діапазон робочих температур -40...+ 85 ° С;

- довжина хвилі 624 нм;
- Колір червоний, супер яскравий.

### **2.5.9 Вибір лічильника**

Лічильник СИ-8Б представляє собою пластиковий циліндр з чутливим слюдяним круглим вікном закритим захисною плівкою. Даний тип лічильника характеризується високою чутливістю до бета випромінювання. Ілюстрацію наведено на рис 2.23



Рисунок 2.23 – Лічильник СИ-8Б

## 3 РОЗРОБЛЕННЯ ДРУКОВАНОГО ВУЗЛА

### 3.1 Розрахунок мінімальної площі плати

На рис 3.1 було проведено розрахунок мінімальної площі плат, вона склала 2515.67 мм<sup>2</sup> і не може бути меншою за це значення. Розрахунок другої плати проведено на рис 3.2 її мінімальна площа складає 2661.12 мм<sup>2</sup> Для забезпечення оптимального розміщення елементів, було обрано плату стандартної форми, так як в нас відсутні елементи які перегріваються. Загальна оптимальна площа першої плати — 3538 мм<sup>2</sup>. Завдяки незвичайному розміщенню кріпильних отворів, оптимальна площа для другої плати складає – 2496 мм<sup>2</sup>.

тип	кількість	площа	Малогабаритні	Середньогабаритні	Великогабаритні	Площа кріпильних елементів
Малогабаритні			143,86	541,29	302	104,1
Резистори 0805	16	43,7	Загальна Площа плати	2516,67		
Резистор 1206	3	14,88				
конденсатори 0805	8	20				
Світлодіод 0805	1	2,5				
Дроссель смд	1	5,12				
акб виводи	1	8,82				
Виводи си8б	1	8,82				
Діоди BAT20	3	40,02				
Середньогабаритні						
Конденсатор к73-17	1	120				
Конденсатор 3.1р	1	21,32				
польовий транзистор	1	157				
юсб	1	49,51				
діод 1.5KE400	1	40,8				
Діод HER108	1	13,26				
Зуммер	1	139,4				
Великогабаритні						
ПЛС розъем	2	86,6				
мікросхема MEGA88PA	1	100,8				
Дросель 3-5 мГ	1	85				
TP5056	1	29,6				

Рисунок 3.1 – Розрахунок мінімальної площі першої плати

тип	кількість	площа	Малогабаритні	Середньогабаритні	Великогабаритні	Площа кріпильних елементів
Малогабаритні			108	18,75	1158,4	104,1
Кнопка	2	108	Загальна Площа плати	2661,125		
Середньогабаритні						
ПЛС розъем кнопок	1	18,75				
Великогабаритні						
ПЛС розъем дисплею	1	43,3				
Дисплей	1	1115,1				

Рисунок 3.2 – Розрахунок мінімальної площі другої плати

### 3.2 Розрахунок розмірів контактних майданчиків.

Для створення бібліотек в програмі Altium Designer (4), необхідно чітко визначитися з корпусами елементної бази, прорахувати розміри монтажних отворів та розміри контактних майданчиків. Проведемо розрахунки розмірів контактних майданчиків для елементів поверхневого монтажу за формулою:

$$Dk = Dv + 0,3 ,$$

де  $Dk$ — розміри контактних майданчиків;  $Dv$  — розміри виводів.

Отримані значення наведено в табл. 3.1

Назва елемента	$Dv$ , мм	$Dk$ , мм
Резистор 0805	0,4x1,3	0,7x1,6
Резистор 1206	0,4x1,6	0,7x1,9
Конденсатор 0805	1,25x1,3	1,55x1,6
Індуктивність 1206	1,6x0,2	1,9x0,5
AT88PA-AU	0,4x0,8	0,7x1,1
IRF-840S	0,8x1,8	1,1x2,1
BAT-20	0,3x0,3	0,6x0,6
BC847	0,45x0,48	0,6x0,7
Світлодіод 0805	2,0x1,25	2,3x1,55
TP4056	6x5	6,3x5,3
Кнопка	1,7x0,3	2x0,6
Дисплей 1202	Рекомендовано виробником	2x0,4
Конденсатор тантал	0,4x0,7	0,7x1

Таблиця 3.1 — Розміри для елементів поверхневого монтажу

Розрахуємо діаметри отворів для вивідних елементів за формулою:

$$Do = Dv + 0,2 ,$$

де  $Do$  — розміри отворів для вивідних елементів.

Розрахуємо розміри контактних майданчиків для вивідних елементів за формулою:

$$Dk = Do + 2/3 Do,$$

Отримані значення наведено в табл. 3.2

Назва елемента	Dv, мм	Do, мм	Dk, мм
1.5KE400CA	1	1,2	2
HER108	0,7	0,9	1,5
Зумер	0,6	0,8	1,3
Дросель	0,65	0,85	1,41
K73-17	0,83	1,03	1,71
PLC роз'єм	0,7	0,9	1,5

Таблиця 3.2 — Розміри для вивідних елементів

### 3.3 Розрахунок ширини провідників

Для розрахунку ширини друкованих провідників, необхідно знати який максимальний струм та напруга проходять через силові та сигнальні ланцюги. Аналізуючи отримане завдання отримуємо, що для сигнальних провідників  $I_{\max} = 0,1 \text{ A } 5 \text{ V}$ , а для силових  $I_{\max} = 1 \text{ A } 400 \text{ V}$ . Також було взято до уваги рекомендації щодо зазорів провідників за стандартом IPC 2221A (5) п. 6.3, він наведений на рис 3.3 Проведемо розрахунки ширини друкованих провідників за допомогою програми Mathcad. Результати розрахунків для сигнальних та силових провідників наведено в таблиці 3.3

Таблица 6-1 Электрический зазор между проводниками

Напряже- ние между про- водниками (Пост. ток и амплитуды перем. то- ка)	Минимальный зазор						
	Несмонтированная плата				Сборка (модуль)		
	B1	B2	B3	B4	A5	A6	A7
0-15	0,05мм	0,1мм	0,1мм	0,05мм	0,13мм	0,13мм	0,13мм
16-30	0,05мм	0,1мм	0,1мм	0,05мм	0,13мм	0,25мм	0,13мм
31-50	0,1мм	0,6мм	0,6мм	0,13мм	0,13мм	0,4мм	0,13мм
51-100	0,1мм	0,6мм	1,5мм	0,13мм	0,13мм	0,5мм	0,13мм
101-150	0,2мм	0,6мм	3,2мм	0,4мм	0,4мм	0,8мм	0,4мм
151-170	0,2мм	1,25мм	3,2мм	0,4мм	0,4мм	0,8мм	0,4мм
171-250	0,2мм	1,25мм	6,4мм	0,4мм	0,4мм	0,8мм	0,4мм
251-300	0,2мм	1,25мм	12,5мм	0,4мм	0,4мм	0,8мм	0,8мм
301-500	0,25мм	2,5мм	12,5мм	0,8мм	0,8мм	1,5мм	0,8мм
>500 См. пара- граф 6.3 для расчета	0,0025 мм/в	0,005 мм/в	0,025 мм/в	0,00305 мм/в	0,00305 мм/в	0,00305 мм/в	0,00305 мм/в

B1 – Проводники внутренних слоев

B2 – Наружные проводники, непокрытые, высота на уровне моря до 3050м

B3 – Наружные проводники, непокрытые, высота на уровне моря более 3050м

B4 – Наружные проводники, с постоянным полимерным покрытием (любая высота над уровнем моря)

A5 – Наружные проводники с конформным защитным покрытием сборки (любая высота над уровнем моря)

A6 – Наружные выводы/контакты компонентов, непокрытые

A7 – Наружные выводы/контакты компонентов с конформным покрытием (любая высота над уровнем моря)

Рисунок 3.2 – Рекомендації щодо зазору провідників

За рис 3.2 обираємо клас A5, так як плата буде встановлена в корпусі та покрита захисними лаками. Аналізуючи данні таблиці, обираємо рекомендо- вану ширину діелектричного зазору для силового провідника, з напругою 400 вольт рівну 0.8 мм, для сигнального провідника мінімальний зазор дорівнює 0,13 мм, обираємо розрахований згідно з нижнім допуском на ширину прові- дника. Результат розрахунку: мінімальна допустима ширина провідника - 0,18 за 4 класом точності по ГОСТ 2023751-86 (6) п. 2.2.1 наведений на рис 3.3

Условное обозначение	Номинальное значение основных размеров для класса точности				
	1	2	3	4	5
$t$ , мм	0,75	0,45	0,25	0,15	0,10

Рисунок 3.3 – Найменше номінальні значення зазору між провідниками

Тип провідника	Мінімальна ширина мм	Рекомендована ширина мм
Сигнальний	0,18	0,35
Силовий	1,4	1.4

Таблиця 3.3 Ширина сигнальних провідників

### 3.4 Трасування друкованої плати

Трасування друкованої плати проводиться в програмі Altium Designer 18. Для нормальної роботи необхідно створити бібліотеку всіх компонентів, “підв’язати” усі футпрінти, скомпілювати схему електричну принципову перевірити її на помилки.

В редакторі PCB проведемо трасування, врахуємо попередні розрахунки та задаємо в вкладці “rules” необхідні параметри, створимо доріжки та полігони. Заливка землі (ланцюг GND) виконуємо полігоном. При розведенні плати враховуємо нюанси електромагнітної сумісності та загальні правила розведення друкованих плат (7).

На рис 3.4 та 3.5 представлено вигляди обох шарів першої друкованої плати



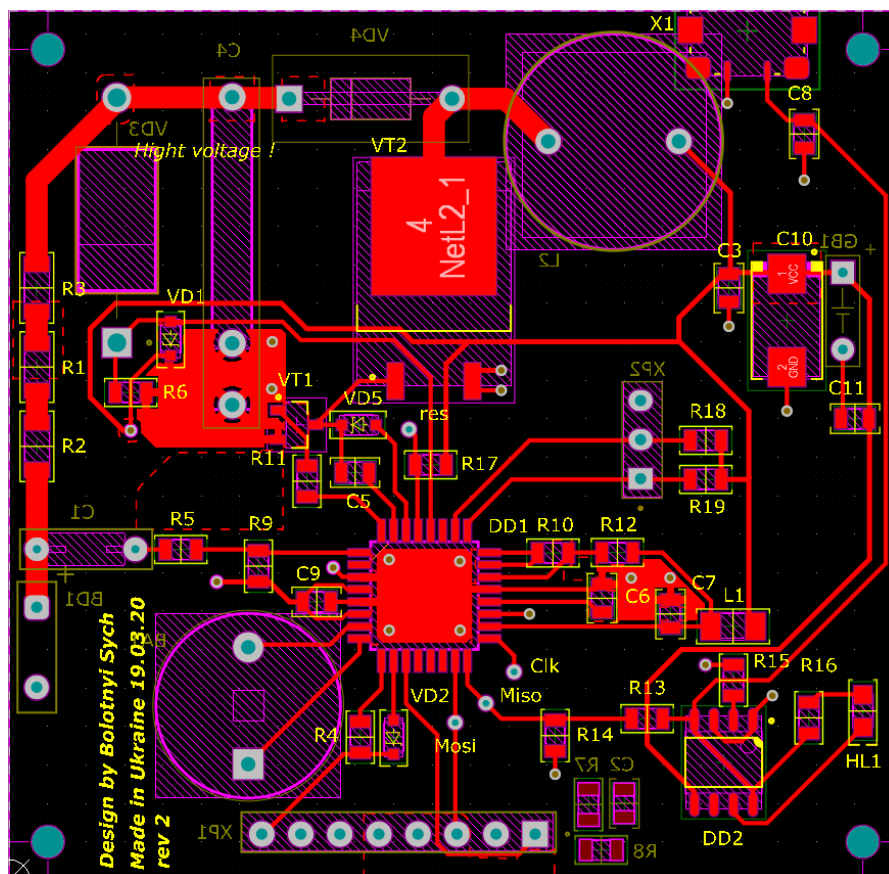


Рисунок 3.4 – Верхній шар першої плати

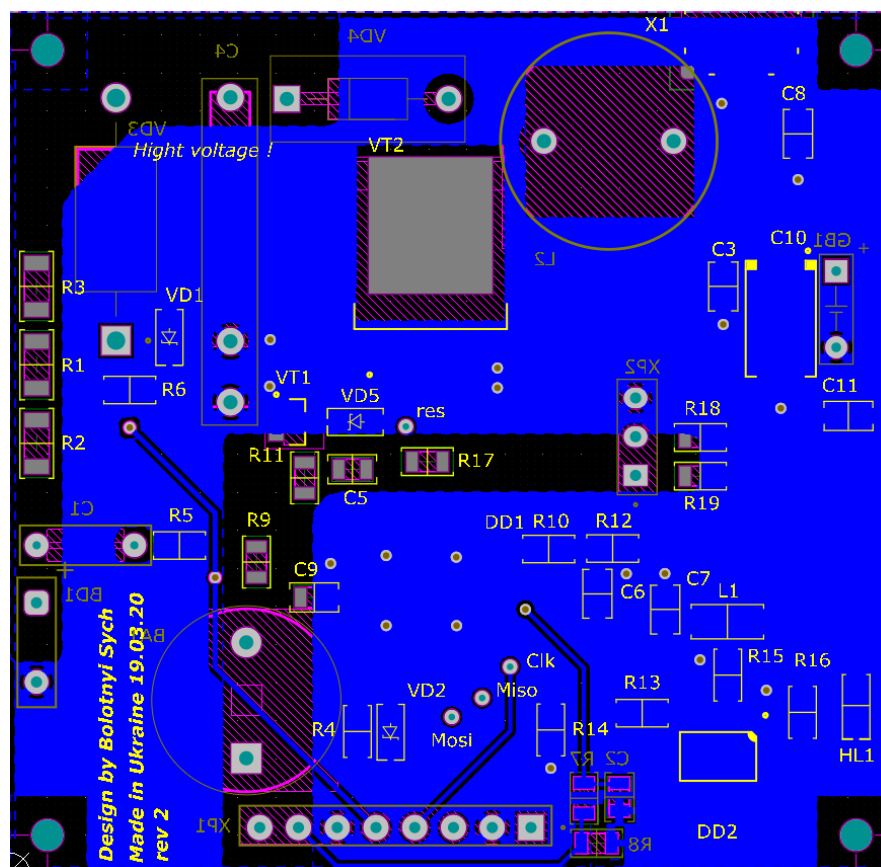


Рисунок 3.5 – Нижній шар першої плати

Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

РА71. 412122.001 ПЗ

Лист

38

На рис 3.6 показана друга друкована плата, таке розміщення отворів значно зменшило загальну площу плати, що позитивно вплине на габарити пристрою та його вагу.

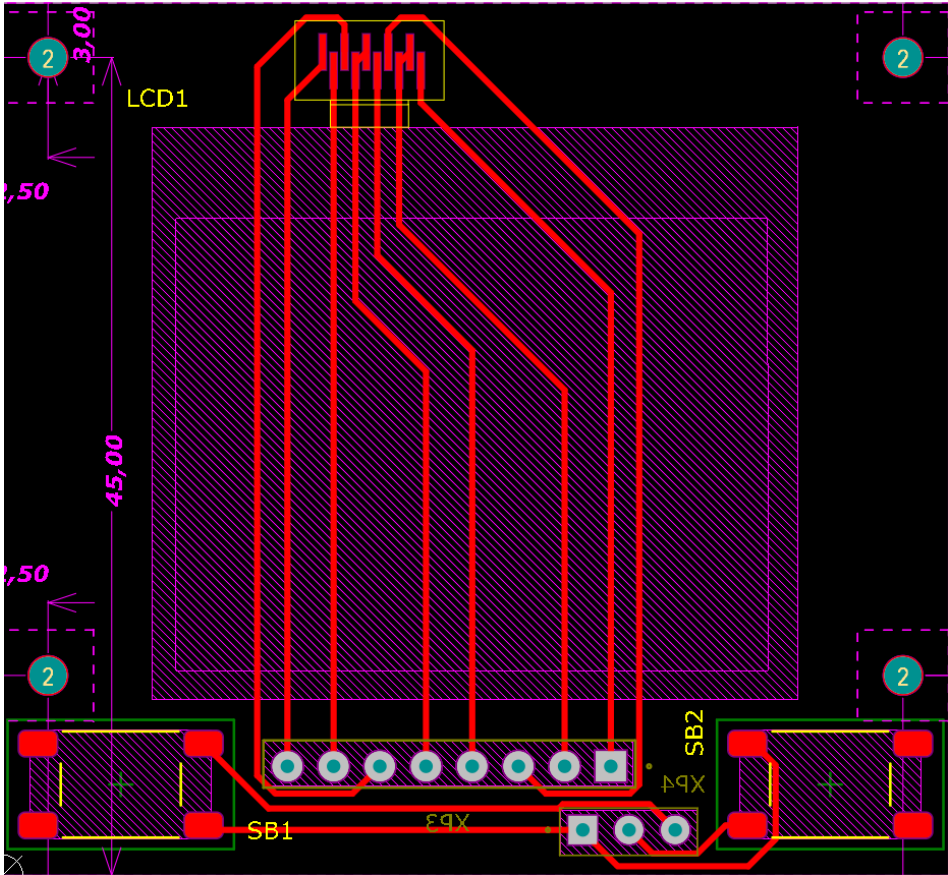


Рисунок 3.6 – Верхній шар другої плати

## 4 ОГЛЯД ГОТОВОЇ КОНСТРУКЦІЇ ТА АНАЛІЗ ПРАЦЕЗДАТНОСТІ

### 4.1 Опис конструкції

Корпус представлений на рис 4.1 розроблений в програмному забезпеченні SolidWorks (8). Основними критеріями конструкторських рішень, став досвід використання приладів даного призначення. Враховуючи всі нюанси та недоліки які були виявлені в подібних приладах було вирішено: корпус має бути розбірним, на гвинтах, складатися з двох складових частин.

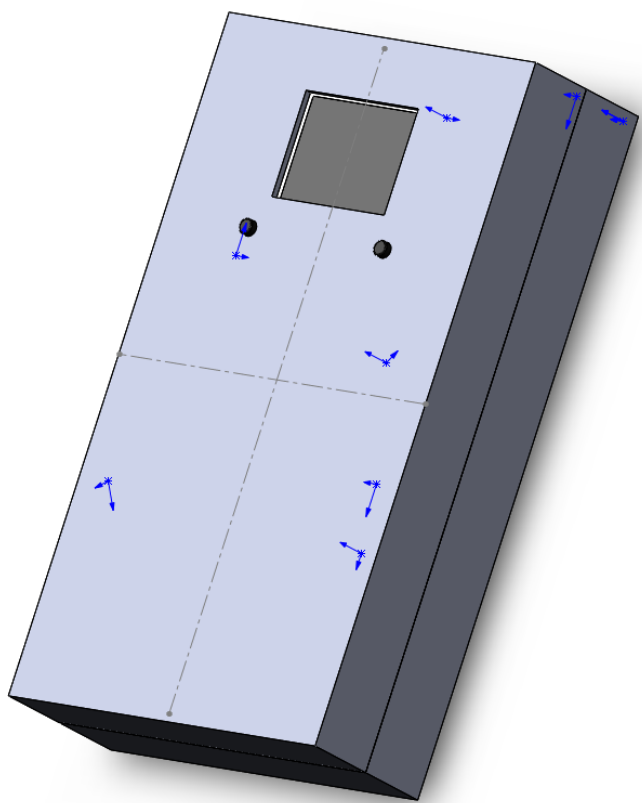


Рисунок 4.1 – Корпус радіометра

В верхню частину рис 4.2 кріпляться дві друковані плати, які з'єднані між собою шлейфом, кріплення здійснюються гвинтами М2 в 4 точках кожної друкованої плати. Екран пристрою, має бути захищений плівкою, для попередження його пошкодження, та запобігання потрапляння в середину радіоактивного бруду. Отвори під кнопки повинні бути зроблені з великою точністю, для зменшення зазорів між отвором та кнопкою, планується захистити їх спец плівкою.

Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

РА71. 412122.001 ПЗ

Лист

40

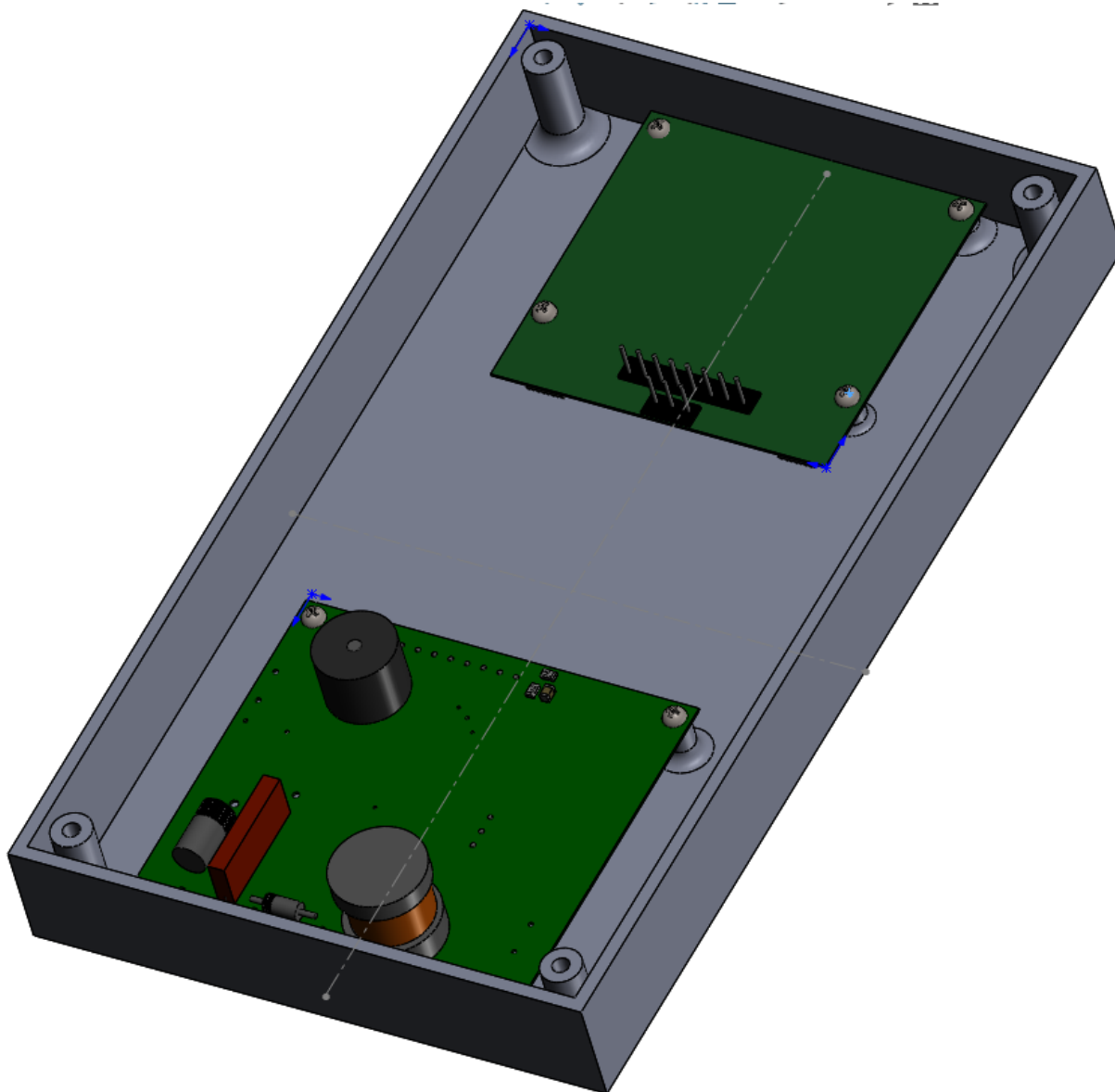


Рисунок 4.2 – Кріплення друкованих плат

Нижня частина рис 4.3, 4.4 складається з двох деталей, сам корпус та спеціально розроблена деталь, призначена для кріплення лічильника СИ-8Б, з'єднання відбувається за допомогою клею, під лічильник вклеюється захисна плівка, яка за необхідності може бути або замінена, або видалена для розширення функціоналу приладу.

Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

РА71. 412122.001 ПЗ

Лист

41

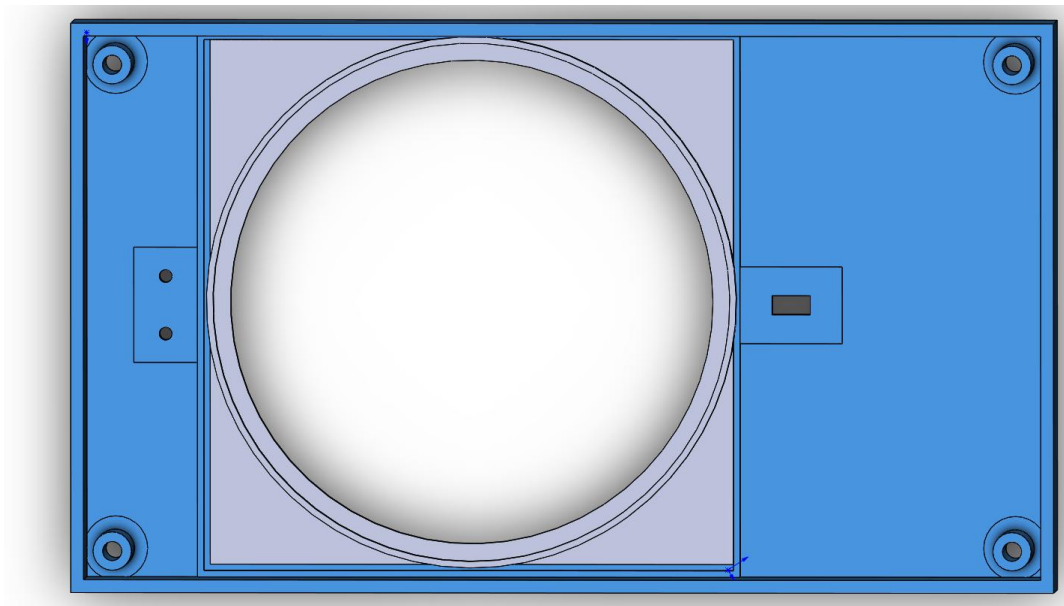


Рисунок 4.3 – Нижня частина корпусу, вид зсередини

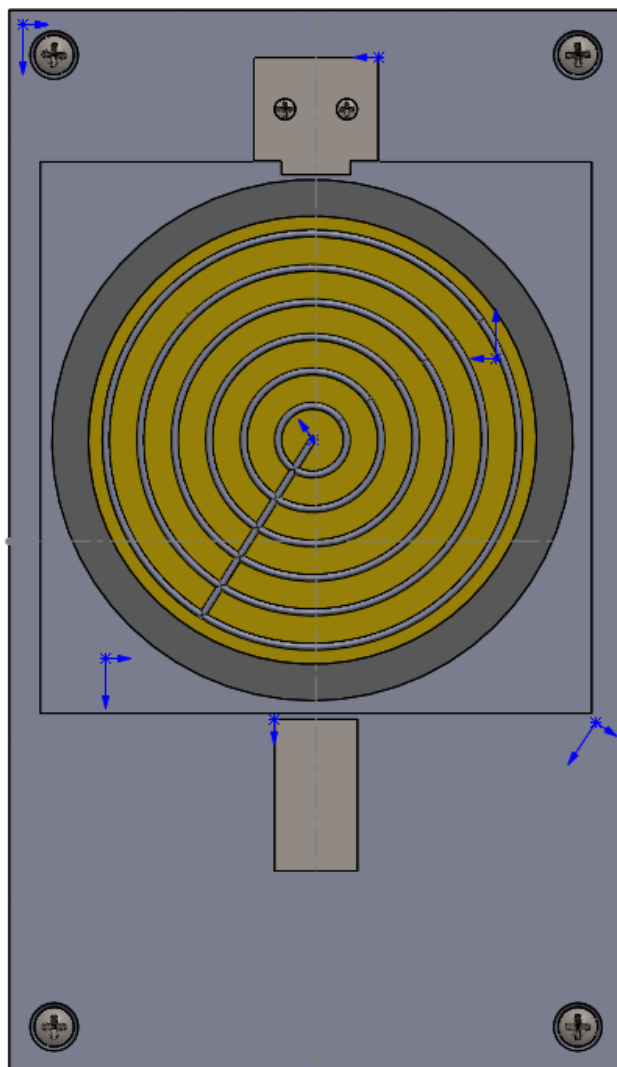


Рисунок 4.4 – Нижня частина вид ззовні

Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

РА71. 412122.001 ПЗ

Лист

42

Таке з'єднання, дозволяє герметизувати корпус та зменшити вібраційне навантаження на лічильник. Акумулятор теж кріпиться на клей. З врахуванням недоліків попередніх розробок та конструкторських рішень, які були впроваджені в різних приладах даного класу, було прийнято рішення, що кріплення “гамма фільтру” відбувається виключно тільки за допомогою металевих частин, а саме: металевого вушка рис 4.8 та рухомої засувки рис 4.9.

Вушко кріпиться за допомогою двох гвинтів М2, а засувка за допомогою шайби, на корпусі розроблені спеціальні ребра міцності для даних конструкторських рішень.

Зображення корпусу в розрізі представлено на рис 4.5 з нього видно, що всі частини взаємно сумісні та співпадають.

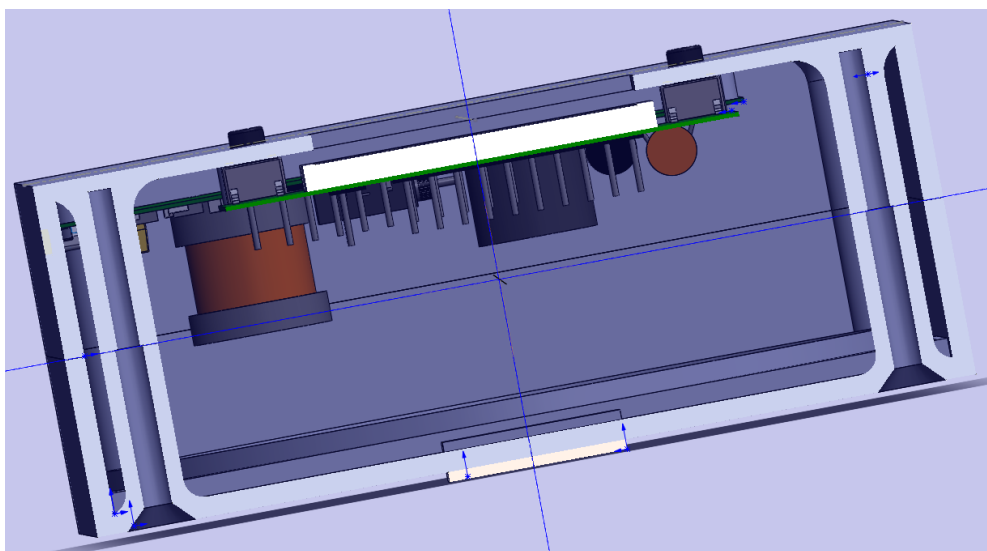


Рисунок 4.5 – Зображення розрізу корпусу

Метод кріплення гвинтів ззовні зображений на мал 4.6 було обрані гвити М2 під хрестову викрутку.

Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

РА71. 412122.001 ПЗ

Лист

43

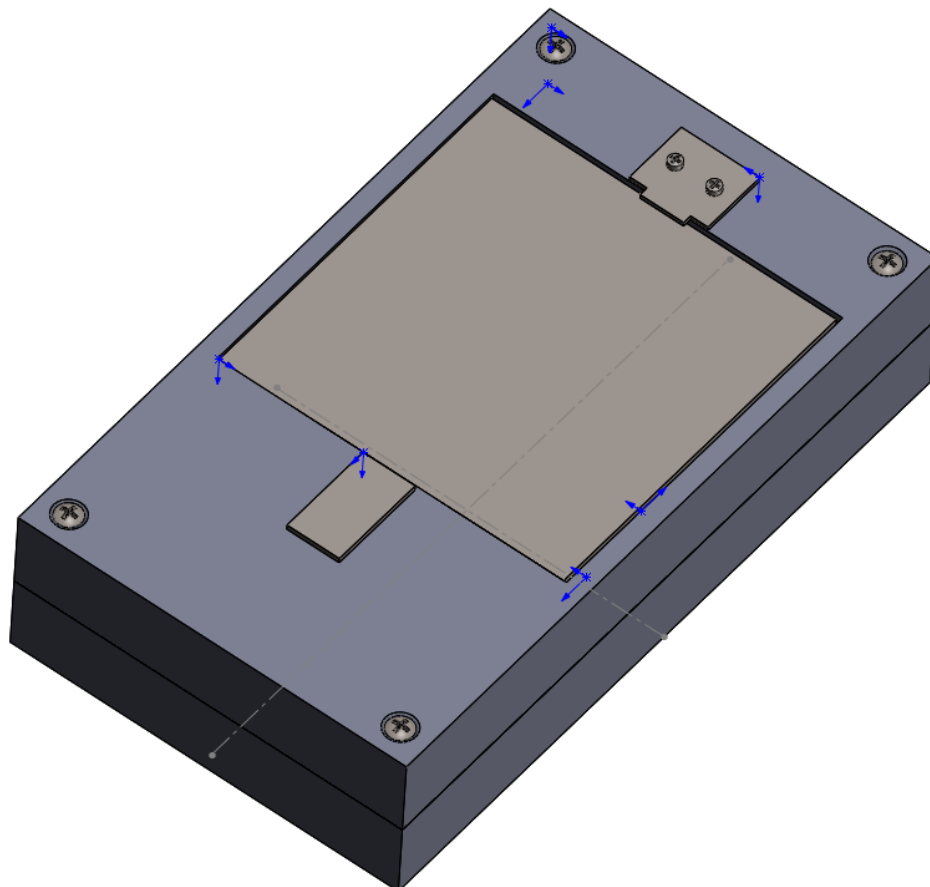


Рисунок 4.6 – Кріплення гвинтів зовні

## 4.2 Розрахунок надійності

Для розрахунку використана методика яка наведена в підручнику (9)

Розрахунок проводиться в програмі MathCad 14 (10)

Основна формула інтенсивності відмов має вигляд:

$$\lambda_p = \lambda_0 \cdot K_P \cdot K_E \cdot K_H, \quad (4.1)$$

де  $\lambda_p$  — робоче значення інтенсивності відмов;

$\lambda_0$  — середньостатистичне значення інтенсивності відмов;

$K_P$  — поправний коефіцієнт, який враховує теплове та електричне навантаження;

$K_E$  — поправний коефіцієнт, що враховує умови експлуатації;

$K_H$  — коефіцієнт навантаження.

Потік відмов визначається за наступною формулою:

$$\omega = \sum_{i=1}^n A_p \cdot N \quad (4.2)$$

де  $\omega$  — потік відмов;

$n$  — кількість елементів;

$\lambda_p$  — робоче значення інтенсивності відмов;

$N$  — кількість елементів кожного типу.

Час безвідмовної роботи визначається за наступною формулою:

$$T_0 = 1/\omega, \quad (4.3)$$

Значення інтенсивності відмов та коефіцієнтів наведено у таблиці 4.1.

Назва елементу	$\lambda_0 \cdot 10^{-6}$	KP	Kн	Кількість елементів	$\lambda_p \cdot 10^{-6}$
Діоди bat20	0.004	0.12	0.5	4	0.0016
Світлодіод 0805	1.5	2	1.05	1	0.032
1.5KE400CA	0.15	0.1	0.5	1	0.0006
Конденсатор керамічний	0.019	0.144	1,21	6	0,0198
Електролітичний 293D1	0,123	3,6	1,59	1	0,53
K73-17	0,019	3,5	1,21	1	0,08
Транз. BC847	0.06	0.19	1.5	3	0.042
IRF840S	0.086	0.170	1	1	0.014
Резистори 0805 1206	0,04	0,170	0,7	19	0,0912
Дросель силовий	0,01	2,7	-	1	0,027
Мікросх. AT88PA	0.019	6.21	3	1	0.35
Роз'єм PLC8	0.0190	0.38	2.3	2	0.21
Роз'єм PLC3	0.0190	0.38	2.3	2	0.14
Кнопка SWT	3	0,05	0,01	2	0,006
TP4056	0,019	0,38	1	1	0,039

Таблиця 4.1 Значення інтенсивності відмов та коефіцієнтів

Підставляємо значення із таблиці 4.1 у формулу (4.2) отримане значення потоку відмов дорівнює  $1.7666 \cdot 10^{-6}$  1/год . Підставляємо значення у форму-



лу (4.3) отримано значення напрацювання на відмову рівне 36036 годин. Оскільки це значення є теоретичним, то практиці воно може відрізнятись від розрахованого, тому доцільно приймати найгірший варіант функціонування радіометру, а саме 24/7. При таких умовах радіометр може працювати без відмов 4.1 років, що задовольняє умовам технічного завдання.

#### 4.3 Розрахунок віброміцності друкованого вузла

Проведемо розрахунок віброміцності друкованого вузла, за визначеною методикою. Розрахунок частоти власних коливань друкованої плати. Вихідні данні:

довжина  $a=0.058$  м; ширина  $b=0.056$  м; товщина  $h 1,6 \cdot 10^{-3}$  м.

Матеріал друкованої плати – двосторонній фольгований склотекстоліт FR4 (11) з наступними параметрами:

- модуль пружності  $E=3.02 \times 10^{10}$  Н/м<sup>2</sup> ;
- щільність  $\rho=2,05 \times 10^3$  кг/м<sup>3</sup> ;
- коефіцієнт Пуассона  $\nu=0,22$ ;
- коефіцієнт, залежний від співвідношення довжини і ширини плати  $\beta = a/b = 1,07$ .
- маса встановлених на платі елементів  $m_E=0,010$  кг.

Проведемо розрахунки в програмі MathCad 14 (10), результати наведено на рис 4.7

Основним завданням розрахунку є мета визначити чи не співпадає власна резонансна частота плати, з частотою вказаною в технічному завданні. В даному випадку обрано клас апаратури Н6 (носима апаратура) частота вібраційних впливів= 10-70 Гц

Вхідні данні

довжина плати	ширина плати	товщина плати
$a := 0.058$	$b := 0.056$	$h := 1.6 \cdot 10^{-3}$

Обираємо скотекстоліт FR4

щільність	Модуль пружності	К. Пуассона
$\rho := 2.05 \cdot 10^3$	$E := 3.02 \cdot 10^{10}$	$\nu_p := 0.22$

Маса елементів  
 $M := 0.010$

Приведена  
 маса

$$m_p := \rho \cdot h \cdot a \cdot b = 0.011 \quad \text{кг}$$

Приведена маса з  
 деталями

$$m := \frac{m_p + M}{a \cdot b} = 6.359 \quad \frac{\text{кг}}{\text{м}^2}$$

Циліндрична  
 жорсткість

$$D := \frac{E \cdot h^3}{12(1 - \nu_p^2)} = 10.833 \quad \text{Нм}$$

$$\beta := \frac{a}{b} = 1.036$$

Значення  $\phi$ -ї  $\phi(\beta)$  для кріплення плати в 4 точках

$$\omega(\beta) := \pi^2 \sqrt{\frac{1 + 1.621 \cdot \frac{\nu_p}{\beta} + \frac{1}{\beta^2}}{1 + 1.621 \cdot \frac{1}{\beta^3} + \frac{1}{\beta^6}}}$$

Значення резонансної  
 частоти

$$\omega(\beta) = 8.236$$

$$f_0 := \frac{\omega(\beta)}{2 \cdot \pi \cdot a^2} \cdot \sqrt{\frac{D}{m}} \quad f_0 = 508.582$$

Рисунок 4.7 – Розрахунок резонансної частоти друкованої плати

Так як розрахунок приблизний, то вважається, що власна частота плати повинна бути в два рази більшою за максимальну частоту зовнішньої дії.

Так як резонансна частота плати  $f_0 = 508$  Гц це в кілька разів перевищує максимальну частоту вібраційних впливів ( $f = 70$  Гц), то цей варіант кріплення плати влаштовує задані вимоги віброміцності.

## 5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

Тема дипломного проєкту передбачає можливість потрапляння людини під іонізуюче радіаційне випромінювання. Проектування передбачає аналіз умов праці з точки зору факторів, що шкідливо впливають на здоров'я і якість праці працівників, а також розробку заходів, що дозволять знизити вплив шкідливих та небезпечних факторів до значень, які є допустимими. До найбільш шкідливих факторів, що виникають при проектуванні, виготовленні і налагодженні та експлуатації радіометрів відносять: вплив іонізуючого випромінювання; небезпеку ураження електричним струмом; запиленість і загазованість робочої зони; незадовільна освітленість робочих місць чи підвищена яскравість; незадовільні метеорологічні умови в робочій зоні; психофізичні перевантаження. В даному розділі визначені основні потенційно шкідливі та небезпечні виробничі чинники, які мають місце при виготовленні та експлуатації спроектованого пристрою, а також запропоновані технічні рішення та організаційні заходи з безпеки і гігієни праці та виробничої санітарії. Також потрібно приділити увагу питанням по електро- та пожежній безпеці.

З урахуванням вимог Радіаційного захисту від джерел потенційного опромінення(НРБУ-97/Д-2000) та державних гігієнічних нормативів ДГН 6.6.1. - 6.5.061-2000" необхідно врахувати усі можливі фактори безпеки, та методи їх попередження та усунення.

### 5.1 Визначення основних шкідливих та небезпечних факторів під час розробки, проектування, виготовлення та експлуатації пристрою

Під час розробки, проектування, виготовлення та експлуатації радіометру на персонал та користувачів можуть впливати наступний ряд шкідливих та небезпечних факторів.

Під час розробки це можуть бути:

Недостатня освітленість робочої зони (ДБНВ2.5-28- 2006)

					РА71. 412122.001 ПЗ	Лист
						48
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Небезпека ураження електричним струмом через несправність електроінструменту або необережності, можливий контакт з високовольтною частиною пристрою (ДСТУ ІЕС 61.140.2015);

Небезпека опіку при необережному користуванні нагрівальним електроінструментом (паяльником та термо феном) Інструмент має бути ізольованим, мати ручки з діелектричного матеріалу, кабелі живлення мають бути не пошкодженими. (ДСТУ ІЕС 61.140.2015)

Незадовільні параметри мікроклімату робочої зони (ГОСТ 12.1.005-88 і ДБН В.2.5 – 67:2013)

Високий рівень шуму та вібрацій на робочому місці (ДСН 3.3.6.039-99)

Пожежна безпека (НАПБ А.01.001-2014)

Під час експлуатації:

Підвищений рівень іонізуючого випромінювання, оператор має враховувати максимально допустиму дозу та встановити поріг сигналізації на пристрої, відповідно до вимог Радіаційного захисту від джерел потенційного опромінення(НРБУ-97/Д-2000) та державних гігієнічних нормативів ДГН 6.6.1. - 6.5.061-2000"

## **5.2 Технічні рішення та організаційні заходи із гігієни праці, виробничої санітарії та техніки безпеки.**

Необхідно визначити яке обладнання знаходиться в приміщенні та надати йому класифікацію.

Перелік обладнання в лабораторії:

- Паяльна станція LUCKEY 852D+;
- Осцилограф С1-112А
- Мультиметр UNIT UTM161В;
- Програматор USBAP;
- Ноутбук ACER V3-771

Згідно норм ДСТУ ІЕС 61.140.2015, все наявне обладнання в лабораторії можна віднести до 1 класу електрозахисту (крім ЕОМ 2 клас) обладнання,

під'єднується до мережі живлення вилкою із трьома контактними елементами, один із яких з'єднано із заземленим контактом розетки.

Робоче приміщення не відноситься до класу небезпечних так як:

- вологість повітря не перевищує 75%
- матеріал підлоги є діелектриком
- відсутні агресивні хімічні речовини
- температура повітря всередині приміщення не перевищує 35 °С;
- виключаються випадки одночасного доторкання людини до елементів конструкцій, що з'єднані із землею та металевими елементами електроустаткування;

Щоб не допустити ураження людини струмом під час монтажу друкованої плати пристрою, необхідно заземлити все обладнання що працює від мережі 220 В 50 Гц, окремою шиною заземлення. Опір нульового дроту має бути таким щоб при замиканні виникав струм що перевищує струм спрацювання захисного автомата в 1.4 рази ( $I_{\text{ср}}$ ).

Також проведемо розрахунок величини напруги на корпусах при аварійному режимі роботи  $U_{\text{кmax}}$  (пробій робочої ізоляції)

Проведемо розрахунок однофазного короткого замикання результати наведено на рис 5.1

$$U_{\phi} := 220 \quad R_o := 0.3 \quad R_{\phi} := 0.3 \quad Z_t := 0.16 \quad I_{\text{авт}} := 30$$

$$I_{\text{кз}} := \frac{U_{\phi}}{R_o + R_{\phi} + Z_t}$$

+

$$I_{\text{кз}} = 289.474 \text{ A}$$

$$I_{\text{ср}} := I_{\text{авт}} \cdot 1.25 = 37.5$$

$$U_{\text{кmax}} := I_{\text{кз}} \cdot R_o = 86.842$$

Рисунок 5.1 – Розрахунок короткого замикання

Згідно з ГОСТ12.2.007.0-75 радіометр належить до 0 класу захисту, пристрій має робочу ізоляцію (пластиковий корпус) друкована плата покрита шаром лаку, додаткових шин заземлення немає.

### 5.3 Відповідність характеристик виробничого приміщення існуючим санітарним нормам

Для забезпечення комфортних умов праці, запобігання травматизму, вводяться норми площі приміщення для одного працівника. Основні вимоги наведені в СНиП 2.09.02-85\* та НПАОП 85.1-3.09-91.

Проведемо розрахунок існуючого обладнаного приміщення для виробництва пристрою. Висота кімнати складає 2.6 м довжина 4 м, ширина 3 м. Отже площа приміщення складає  $12 \text{ м}^2$ . Загальний об'єм  $31,2 \text{ м}^3$ . Згідно нормативів СНиП 2.09.02-85\* площа яка має припадати на одного робітника не менше  $4.5 \text{ м}^2$  та об'єм не менше  $15 \text{ м}^3$ . Можна зробити висновок, що таке приміщення повністю відповідає нормам.

### 5.4 Відповідність освітлення робочих місць санітарним нормам

Освітлення робочого місця нормується згідно з Державними будівельними нормами України: ДБН В.2.5-28-2006 Інженерне обладнання будинків і споруд. Природне і штучне освітлення.

Мінімальна освітленість встановлюється в залежності від розряду виконуваних зорових робіт.

Основною величиною для розрахунку й нормування природного освітлення усередині приміщень прийнятий метод коефіцієнта використання світлового потоку, призначеного для розрахунку загального рівномірного освітлення горизонтальних поверхонь, при відсутності предметів, що затемнюють. При цьому в розрахунках враховується пряме та відбите світло.

Загальне штучне освітлення забезпечується за допомогою люмінесцентних ламп ЛТБ-40.

Індивідуальне освітлення забезпечується за допомогою стандартизованої LED лампи T8b 24W з світловим потоком 2600 Лм

Розрахунок проведено в програмі Matcad та представлений на рис 5.2

Схема розміщення ламп наведена на рис 5.3

$$S := 12 \quad h := 2.6 \quad A := 3 \quad B := 4$$

$$I := \frac{S}{h \cdot (A + B)} = 0.659$$

за таблицею обираємо значення  $\eta$

$$\eta := 0.4 \quad E := 300 \quad K := 1.5 \quad Z := 1.1 \quad F1 := 3120$$

$$F := \frac{E \cdot S \cdot K \cdot Z}{\eta} = 14850$$

Для освітлення використані світлодіодні лампи світловий потік яких  $F = 3120$  Розрахуємо необхідну кількість ламп у світильниках за формулою:

$$N := \frac{F}{F1} = 4.76$$

Рисунок 5.2– Розрахунок необхідної кількості ламп

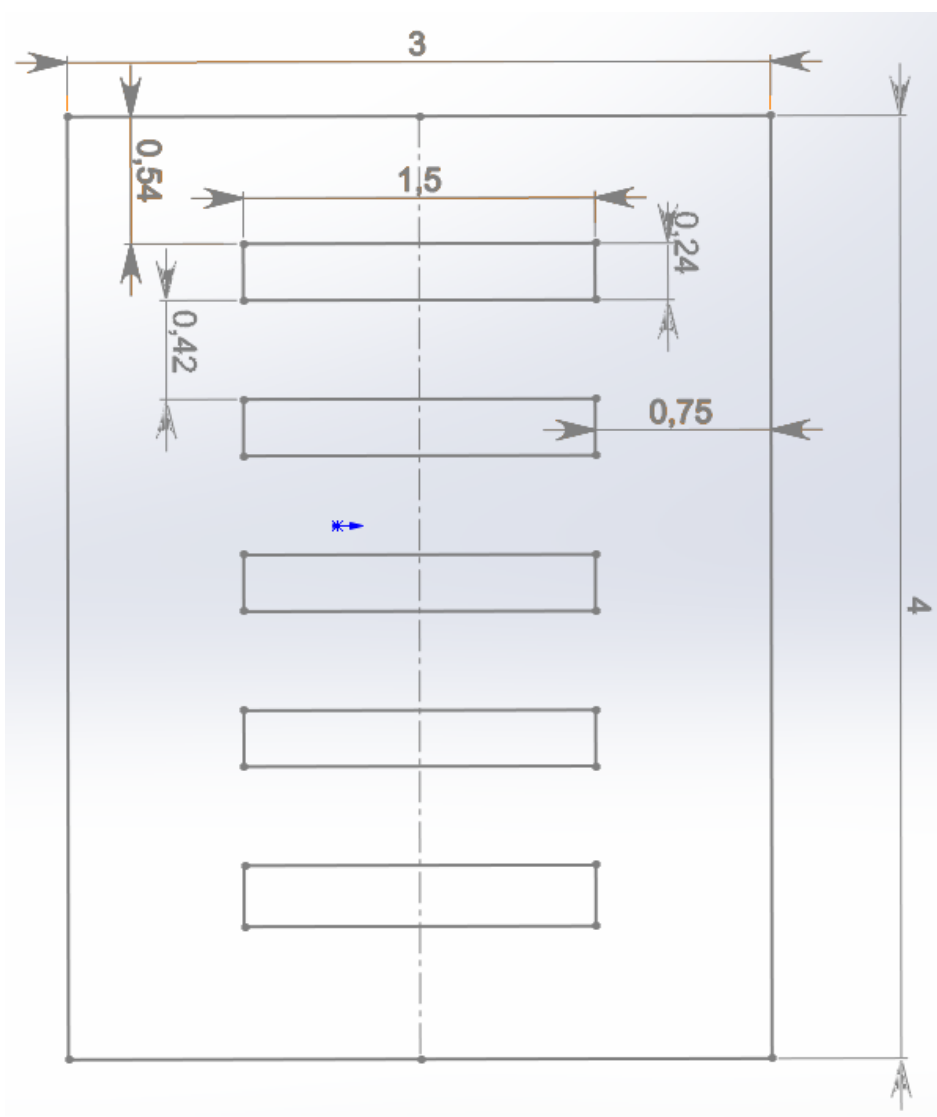


Рисунок 5.3 – Схема розміщення ламп

Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

РА71. 412122.001 ПЗ

Лист

52

Виходячи з результатів розрахунку, можна зробити висновок, що для дотримання вимог необхідно встановити 5 ламп ЛТБ-40

### 5.5 Пожежна безпека

Згідно з нормами ДСТУ Б.В.1.1-36:2016 приміщення, де виконуються електромонтажні роботи, по рівню пожежної безпеки та вибухонебезпеки належать до категорії В (пожежонебезпечні). В приміщенні знаходяться тверді горючі речовини, що не здатні переходити в зважений стан, тому робочі зони приміщення за пожежонебезпекою згідно з НПАОП 40.1-1.32-01.

Причиною виникнення пожежі може бути порушення ізоляції струмоведучих дротів, коротке замикання, паління в приміщенні і порушення правил експлуатації електроприладів. На випадок виникнення пожежі повинна бути забезпечена можливість безпечної евакуації людей через евакуаційні виходи. Потрібна кількість виходів, ширина проходів та ступінь вогнестійкості будівлі повинна відповідати ДНБ В.11.7-2016, НПАОП 40.1-1.32-01 та СНиП 2.09.02-85\*.

В будівлі присутній один евакуаційний вихід. Кількість, розташування та умови зберігання засобів для гасіння пожежі (вогнегасники, пожежні гідранти, датчики диму, сигналізація.) повинні відповідати ГОСТ 12.1.004- 85 та ГОСТ 3675-98, ISO 3941-77. В приміщенні установлений один вогнегасник ОУ-5 (ВВК-3,5) вуглекисневий п'ятилітровий, призначений для гасіння речовин, матеріалів та електроустановок напругою до 1000 В. Передбачаються наступні заходи з метою забезпечення пожежної безпеки:

- Постійний контроль стану засобів пожежогасіння, (вогнегасники сигналізація);
- Контроль за станом ізоляції струмоведучих дротів, (різноманітне устаткування, паяльне обладнання, освітленні ітд);
- Заборонено паління в приміщенні;
- Неприпустимість перевантажень, перегріву при роботі обладнання;
- Заборона експлуатації обладнання з саморобними запобіжниками або з іншими видимими несправностями;



— Неприпустимість знаходження в приміщенні горючих та вибухо-  
небезпечних речовин.

					РА71. 412122.001 ПЗ	Лист
						54
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

## ВИСНОВКИ

У роботі були проаналізовані всі критерії та вимоги до реалізації сучасних радіометрів, обраний лічильник забезпечує реєстрацію низько енергетичного бета випромінювання, що дає змогу оцінювати навіть найменше забруднення навколишнього середовища продуктів або предметів побуту. Була розроблена структурна схема та опис до неї. Реалізація рішень ДП є компромісним по причині розмірів лічильника та неможливості реалізувати все на одній ДП.

Корпус пристрою розроблявся з оцінкою та досвідом використання приладів даного класу, були проаналізовані усі недоліки та переваги і на їх базі розроблялись конструкторські рішення для реалізації проєкту.

Після проектування було виготовлено зразок, та проведені випробування.

					РА71. 412122.001 ПЗ	Лист
						55
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

## ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

1. Екотест: Засоби радіаційного контролю [Електронний ресурс]. доступно за посиланням: <http://ecotest.ua/> — Назва з екрану.
2. Основы проектирования электронных средств: Техническое задание. Электрон. учеб. пособие контроля [Електронний ресурс]/ А.В Сарафанов, С.И. Трегубов К.: ИПК СФУ, 2008. доступно за посиланням: [http://kivra.kpi.ua/wp-content/uploads/file/course\\_designing\\_el\\_means.pdf](http://kivra.kpi.ua/wp-content/uploads/file/course_designing_el_means.pdf) — Назва з екрану.
3. Мікроконтроллер ATmega88pa-au [Електронний ресурс]. доступно за посиланням: [http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/Atmel-9223-Automotive-Microcontrollers-ATmega48PA-ATmega88PA-ATmega168PA\\_Datasheet.pdf](http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/Atmel-9223-Automotive-Microcontrollers-ATmega48PA-ATmega88PA-ATmega168PA_Datasheet.pdf) — Назва з екрану.
4. Altium Designer — Altium.com [Електронний ресурс]. — Режим доступа: <https://www.altium.com/altium-designer> — Назва з екрану.
5. IPC – 2221A Загальний стандарт на проектування друкованих плат : Чинний від 2003-05-01 — К. — 137 с.
6. Платы печатные. Основные конструкции и параметры ГОСТ 2023751-86 — [Чинний від 01.07.87]. – М.: Межгосударственный стандарт, 1986. — 17с.
7. Розведення друкованої плати [Електронний ресурс]. доступно за посиланням: <https://stm32.chrns.com/post/151459703734/pcbules> — Назва з екрану.
- 8.Solid Works — Solidworks.com [Електронний ресурс]. — Режим доступа: <https://www.solidworks.com> — Назва з екрану.
- 9.Ямпурин Н. П. Основы надежности электронных средств. Учебное пособие для высших учебных заведений/ под редакцией доктора технических наук профессора Н. П. Ямпурин, А.В Баранова— М. : Издательский центр "Академия", 2010. – 240 с. ISBN 978-5-7695-5908-2

10.Mathcad – [Електронний ресурс]. — Режим доступу:

<https://www.mathcad.com/>— Назва з екрану.

11. Склотекстоліт FR-4 — [Електронний ресурс] — Режим доступу

<https://en.wikipedia.org/wiki/FR-4> — назва з екрану.

					РА71. 412122.001 ПЗ	Лист
						57
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

## ДОДАТОК А

Технічне завдання

### *1. Назва ДР*

Радіометр бета-гама випромінювань.

### *2. Підстава для виконання роботи*

Підставою для виконання дипломної роботи є завдання видане кафедрою радіоприймання та оброблення сигналів радіотехнічного факультету Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут» ім. Ігоря Сікорського наказ № 1126-с від «21» травня 2020 р.

Терміни виконання: початок 25.05.2020

закінчення 14.06.2020

### *3. Мета і призначення роботи*

Метою даної розробки є розробка радіометру для вимірювання бета-гама випромінювань.

### *4. Джерела розробки*

Джерелами розробки є матеріали вітчизняної й закордонної літератури в області засобів вимірювання іонізуючих випромінювань, ДСТУ і стандарти, галузеві нормативно-технічні документи, ЕСКД.

### *5. Технічні вимоги*

Пристрій має складатись з лічильника, плати керування, двох кнопок керування, дисплею, пристроєм виводу звуку(зумер), мікро usb роз'єм для зарядки, та акумулятора.

Конструкція має забезпечувати надійне кріплення всіх вузлів, мати невелику вагу, необхідно реалізувати легко змінний гамма фільтр з мета-левої пластини, його кріплення мають бути надійними.

Розміри пристрою не повинні перевищувати 200х90 (мм)

#### *6. Виконавці дипломної роботи*

Керівник: Титенко О.Т.

Виконавець: Калінін М.М

#### *7. Етапи дипломної роботи і терміни їх виконання*

Робота виконується в 5 етапів:

	<i>Назва етапів</i>	<i>Термін виконання</i>	<i>Результат</i>
.	Збір необхідних матеріалів для виконання дипломної роботи	13.04.2020 – 15.04.2020	Звіт бакалавра
.	Огляд аналогів та аналіз ТЗ	15.04.2020 – 20.04.2020	Розділ 1
.	Розробка друкованого вузла та конструкції	21.04.2020 – 10.05.2020	Розділ 3
.	Охорона праці та безпека життєдіяльності	10.05.2020 – 20.05.2020	Розділ 4
.	Оформлення роботи	20.05.2020 – 03.06.2020	Бакалаврська робота, презентація

#### *8. Основні результати та порядок реалізації роботи*

На основі дослідження та побудованих моделі, надані відповідні рекомендації застосування даного ПЗ. Матеріали даної роботи будуть використані в подальшому впровадженні для проектування локальних мереж.

9. *Матеріали які подаються після закінчення етапів та дипломної роботи в цілому.*

1. Завдання
2. Технічне завдання
3. Пояснювальна записка
4. Презентація

10. *Порядок приймання дипломної роботи та її етапів*

1. Захист етапів дипломної роботи та науковому керівнику.
2. Захист дипломної роботи перед комісією на кафедрі.
3. Захист дипломної роботи перед екзаменаційною комісією.

Виконавець  
Калінін М.М.

Керівник  
Титенко О.Т.



## ДОДАТОК Б





## **ПЕРЕЛІК ЕЛЕМЕНТІВ**

## **СПЕЦИФІКАЦІЯ**